

ПЕРМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

С. А. Двинских

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
И ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД



Пермь 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра гидрологии и охраны водных объектов*

С. А. Двинских

**ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
И ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**



Пермь 2020

УДК 556.552  
Д234

**Двинских С. А.**

Д234 Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / С. А. Двинских ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 1,42 Мб ; 77 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/dvinskix-factory-formirovaniya-i-elementy-xim-sostava-poverxnostnyx-vod.pdf>. – Заглавие с экрана.

Методическое пособие составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлениям «Гидрометеорология» и «Прикладная гидрометеорология».

Основная цель пособия – дать студентам современные знания о факторах формирования и элементах химического состава поверхностных вод, связанных с естественными и антропогенными изменениями гидросферы. В пособии рассмотрены следующие вопросы: факторы формирования химического состава поверхностных вод; загрязнение мирового океана; общие и суммарные показатели качества воды; факторы формирования химического состава рек г. Перми.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Гидрометеорология» и «Прикладная гидрометеорология».

**УДК 556.552**

*Издается по решению методического совета географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета*

*Рецензент:* старший научный сотрудник, зав. лабораторией гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН, д-р техн. наук **А. Т. Зиновьев**

© Двинских С. А., 2020  
© ПГНИУ, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Формирование химического состава природных вод .....	5
Экологические последствия деятельности человека в Мировом океане .....	14
Общие и суммарные показатели качества вод.....	32
Характеристика условий формирования химического состава рек г. Перми.....	49
Практическая часть.....	58
Проверочные вопросы к курсу «Гидрологические основы охраны окружающей среды».....	71
Библиографический список (основной).....	75
Библиографический список (дополнительный).....	75

## **ВВЕДЕНИЕ**

Пособие состоит из двух частей. В первой, теоретической, даются основные сведения о факторах и условиях формирования химического состава поверхностных вод; экологических последствиях деятельности человека в Мировом океане; общих и суммарных показателях качества вод, характеристика условий формирования химического состава рек г. Перми. Вторая, практическая часть, включает несколько разделов: практическая работа «Сравнительная характеристика химического состава рек г. Перми на примере двух рек»; темы семинарских занятий; вопросы для проверки полученных знаний по курсу «Гидрологические основы охраны окружающей среды».

## 1. ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД

Под химическим составом природных вод принято понимать весь сложный комплекс минеральных и органических веществ, находящихся в разных формах ионно-молекулярного и коллоидного состояния.

Формирование химического состава природных вод определяют в основном две группы факторов:

- прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду (т.е. действие веществ, которые могут обогащать воду растворенными соединениями или, наоборот, выделять их из воды): состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;
- косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

По характеру своего воздействия факторы, определяющие формирование химического состава природных вод, целесообразно разделить на следующие группы:

- физико-географические (рельеф, климат, выветривание, почвенный покров);
- геологические (состав горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия);
- физико-химические (химические свойства элементов, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, смешение вод и катионный обмен);
- биологические (деятельность растений и живых организмов);
- антропогенные (все факторы, связанные с деятельностью человека).

**Географическая зональность.** Химический состав природных вод, по определению В.И. Вернадского, зависит главным образом от геохимических процессов в географических (ландшафтных) зонах. Так, в зоне избыточного увлажнения (тундровая, лесная, тропическая) в результате интенсивного выноса растворимых солей и разложения растительных остатков поверхностные воды, как правило, слабо минерализованы (30-200 мг/л) и богаты растворенным органическим веществом. В зонах недостаточного увлажнения (лесостепь, степь и полупустыня) в связи с небольшим выносом солей и активным растворением карбонатов кальция и разложением растительных остатков минерализация воды повышается, но общее количество растворенных веществ не превы-

шает 1 г/л (Перельман, 1977). Кроме того, в зонах недостаточного увлажнения в районах развития соленосных толщ формируются гипсовые сульфатно-натриевые и содовые воды (классический район распространения содовых озер – западно-сибирская лесостепь). В аридной зоне (сухие степи и пустыни) направленность геохимических процессов идет по пути накопления солей. Поверхностные воды характеризуются высокой минерализацией и низким содержанием органических веществ. При рассмотрении минерализации, ионного состава, суммарного и растворенного органического вещества и других характеристик незагрязненных поверхностных вод отчетливо прослеживается определенная закономерность, отражающая влияние на природные воды физико-географической зональности, т.е. воздействия всего комплекса природных условий на формирование химического состава воды. Так, например, общеизвестна тенденция к увеличению минерализации воды (от нескольких десятков до нескольких сотен мг/л в соответствии с увеличением сухости климата и изменением почвенного покрова) на большей части Европейской территории страны с севера на юг и с запада на восток, а на Азиатской части территории – с севера на юг с максимально минерализованными водами в районах северной части Казахстана, южной части Западной Сибири и Южного Приуралья (Алеккин, 1970).

Содержание органических веществ в незагрязненных водных объектах, характеризующее перманганатной окисляемостью, также имеет довольно четкую физико-географическую зональность. Зона очень малой (0–2 мг О/л) и малой окисляемости (2–5 мг/л) приурочена преимущественно к горным районам, зона средней окисляемости (5–15 мг О/л) – к зонам широколиственных лесов, лесостепи, степи, полупустыни, пустыни и тундры. Зона повышенной окисляемости (15–20 мг О/л) – к зоне северной и южной тайги (Смирнов, Тарасов, 1970, 1971). Наличие указанных зон окисляемости связано с неодинаковой скоростью и характером распада и гумификации создаваемых растениями органических веществ в различных физико-географических зонах в зависимости от увлажненности, температуры, степени аэрации, рН и окислительно-восстановительных условий.

**Подземные воды** также влияют на химический состав поверхностных вод. В меженные периоды питание рек осуществляется преимущественно за счет подземного стока. Грунтовые воды, т.е. воды первого водоносного горизонта, – это главный источник питания рек. Химический состав этих вод во

многим зависит от химического состава просачивающихся сквозь слой почвы атмосферных осадков. Наряду с ними в питании рек могут принимать участие также подземные воды нижележащих водоносных горизонтов. Химизм этих вод зависит как от состава вмещающих пород различного геологического возраста, так и от динамики (подвижности) вод, связанной с тектонической историей района. Наблюдающееся в ряде случаев повышенное содержание некоторых химических элементов в воде рек во время зимней межени по сравнению с летней, по-видимому, объясняется увеличением подземного питания за счет грунтовых или подземных вод. Нарушение зональности химического состава природных вод, при отсутствии антропогенного загрязнения, обычно связано с условиями залегания и составом горных пород, с наличием на водосборной площади выходов соленосных толщ, месторождений нефти, горючих сланцев, торфа, полиметаллических руд, минеральных вод и т.д. Так, например, если величина концентрации ионов водорода в речных водах колеблется в пределах 6,5-8,5, в воде болот – 5,5-6,0, то рН воды шахт и рудников достигает иногда 1, а содовых озер и термальных источников – 10, независимо от физико-географических условий района. В районах сульфидных месторождений формируются серно-кислые воды, имеющие низкий рН (часто меньше 3) и обогащенные металлами. Они дают начало серно-кислым ручьям и речкам, способствуют возникновению серно-кислых озер и прудов (например, «купоросные» озера медно-колчедановых месторождений Южного Урала). Серно-кислые ручьи и речки довольно часто встречаются в районах некоторых угольных шахт. Известны также сильно-кислые вулканические озера и «соляно-кислая» речка Юрьева (рН воды 1,72) на Курилах. Многостороннее влияние нефтяных залежей и битуминозных пород на качество воды проявляется, в частности, в изменении окислительно-восстановительного потенциала подземных вод до величины значительно ниже 0, а местами – до 500 мВ (Назаров, 1973). Указанные воды при смешении с поверхностными существенно влияют на характеристику их окислительно-восстановительного состояния. Хорошо известно, что воды сульфидных месторождений в сотни и тысячи раз больше обогащены металлами, чем обычные грунтовые воды. В ряде случаев гидрокарбонатные и карбонатные воды, пресыщенные углекислотой, в районах рудопроявлений тоже обогащаются металлами. При выходе на дневную поверхность, в местах разгрузки, приуроченных чаще всего к рыхлым обломочным породам делювия и к почвенному слою, эти воды способствуют образованию солевых ореолов рассеяния, обогащенных медью, цинком, никелем, кобаль-



том, молибдене и другими металлами. Поверхностные воды, дренирующие эти участки, в свою очередь, обогащаются указанными рудообразующими элементами.

**Зарегулирование речного стока** также приводит к определенным изменениям состава воды, концентрации солей и органических соединений, однако водохранилище сохраняет при этом особенности состава воды того водотока, на котором оно создано. В качестве примера можно привести водохранилища Верхней Волги с относительно невысоким содержанием солей в воде и наличием гуминовых веществ, свойственных незарегулированной Волге. А также Камское водохранилище с высокой минерализацией воды и разнообразным солевым составом на отдельных участках, обусловленным впадением в Каму многочисленных притоков и наличием в верховьях реки разработок калийных солей.

В условиях зарегулированного стока на качество воды все большее влияние начинают оказывать внутриводоемные процессы, которые в ряде случаев становятся доминирующими по мере перехода к нижерасположенным водохранилищам (при наличии каскада). В числе факторов, обуславливающих динамику и распределение химических ингредиентов в условиях зарегулированного стока, значительную роль играют степень водообмена, гидрометеорологическая обстановка, процессы осаждения, сорбции и десорбции элементов донными отложениями, а также процессы взаимодействия ложа и воды, особенно в первые годы существования водохранилища. При этом немалое значение имеют и свойства затопленных почв, и затопленная древесная и кустарниковая растительность, и наличие торфяников, захоронений и др. источников загрязнения. В первые годы после заполнения водохранилища качество его водных масс формируется в результате сложного взаимодействия целого комплекса природных и антропогенных факторов в условиях разбалансированной экосистемы.

**Атмосферные осадки.** Одним из источников поступления различных веществ на водосборную площадь речных бассейнов и на поверхность самих водоемов и водотоков являются переносимые ветром взвеси и атмосферные осадки. Вопрос о степени влияния атмосферных осадков на химический состав поверхностных вод и их минерализацию пока дискуссионный, поскольку одни авторы отводят минеральным солям из атмосферных осадков незначительную роль, а другие, напротив, связывают с ними происхождение большей части солей в речном стоке.

По химическому составу атмосферные осадки не менее разнообразны, чем другие природные воды. В них присутствуют аэрозоли атмосферы, представляющие собой пылевидные минеральные частицы коры выветривания, высокодисперсные агрегаты растворимых солей, мельчайшие капли растворов газовых примесей ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$  и др.), частицы дыма, органические вещества самого разного состава, мельчайшие организмы и их остатки (микробы, пыльца растений и пр.). Любая проба современного воздуха может содержать множество природных загрязняющих веществ – от пыльцы растений до спор грибов, и от болезнетворных бактерий до микроскопических частиц соли и вулканического пепла. Большое влияние на концентрацию аэрозолей оказывает характер подстилающей поверхности, развитие процессов эоловой эрозии. Количество поднимаемых ветром частиц минеральной континентальной пыли и ее состав существенно влияют на химизм атмосферных осадков. Продолжительность пыльных бурь может достигать нескольких недель. Хорошо известны ветровые переносы солей с поверхности солончаков, солонцов, высохших соляных озер, механический ветровой вынос морской воды. Все это не только способствует изменению химического состава атмосферных вод, но и непосредственному поступлению веществ различной природы в водоемы. Но значение природных загрязняющих веществ воздушной среды отступает на второй план перед растущим загрязнением атмосферы, связанным с деятельностью человека.

При работе промышленных предприятий, электростанций, транспорта, в особенности автомобильного, систем теплоснабжения, при проведении различного рода мероприятий в сельском хозяйстве (внесение в почву удобрений, обработка сельскохозяйственных и лесных угодий ядохимикатами и т.п.) в атмосферу попадает огромное количество разнообразных соединений – от окислов серы и азота до редкоземельных элементов и синтетических материалов. Основными загрязняющими веществами атмосферы являются окись углерода, окислы серы, азота, углеводороды и взвешенные вещества.

Элдер и Кунц для оценки вклада загрязнений, переносимых атмосферой, в бюджет химических элементов естественных водных систем измеряли количество загрязнений, выпадающих вместе с атмосферными осадками в районе Великих озер Америки. Ими установлено, что только таким путем в воду оз. Гурон ежедневно попадает 151 т хлора, 90 т кальция, 41 т натрия, 26 т железа, 2 т фосфора, 2 т свинца.

Необходимо подчеркнуть, что, по мнению В.И. Вернадского, действительно природными (девственными) были только древние земные воды, существовавшие примерно 100 тыс. лет тому назад. В последние же 10-20 тыс. лет все сильнее проявляется геохимическое воздействие человека на природу, особенно с XIX в., когда интенсивно стала развиваться хозяйственная деятельность. В результате во всей биосфере изменяются и исчезают старые виды природных вод и создаются новые, «культурные» воды. При дальнейшем развитии гидрохимии, если следовать В.И. Вернадскому, предметом ее изучения станет история природных вод и химический состав «культурных» земных вод.

На химический состав «культурных» вод наибольшее влияние оказывает сброс в водные объекты сточных вод коммунального хозяйства, промышленных предприятий, а также сельского хозяйства.

**Производственные сточные воды** содержат значительное количество загрязняющих веществ, по характеру которых их делят на три основных класса:

1) загрязненные преимущественно минеральными веществами (рудно- и угледобыча, машиностроение, металлургия, стройиндустрия и др.);

2) загрязненные преимущественно органическими веществами (пищевая, целлюлозно-бумажная, некоторые виды легкой и химической промышленности);

3) загрязненные минеральными и органическими веществами (добыча и переработка нефти, нефтехимия и др.).

Производственные сточные воды, как правило, проходят локальные очистные сооружения, после чего сбрасываются в водные объекты или в городскую канализационную сеть для дальнейшей доочистки совместно с бытовыми сточными водами.

В основу современной технологии очистки сточных вод положен принцип максимально возможного извлечения из них полезных продуктов с повторной утилизацией (регенерацией) последних и повторным использованием воды в оборотных системах водоснабжения, которые служат промежуточным этапом на пути к созданию бессточных и безотходных предприятий. Строго говоря, «бессточными» следует называть только те предприятия, в которых сточные воды благодаря усовершенствованию вообще не образуются. Однако условно «бессточными» называют и такие промышленные объекты, где образующиеся сточные воды после соответствующей очистки полностью используются в замкнутых оборотных циклах.

При создании условно бессточных предприятий большое значение имеет разработка технологии замыкания водного цикла с повторным использованием сточных вод в отдельных цехах или технологических процессах, Для этого прежде всего должны быть определены нормы качества оборотной воды, обеспечивающие оптимальность технологических процессов. Для ряда процессов такие нормы уже разработаны.

Метод очистки должен обеспечить получение заданного качества воды при условии, что образующиеся в процессе очистки жидкие и твердые отходы могут быть регенерированы и повторно использованы. В большинстве отраслей промышленности требования к качеству оборотных вод менее жестки, чем к качеству сточных, или, во всяком случае, не превышают их. Поэтому доочистка оборотных вод после очистных сооружений не требуется. Так, в нефтеперерабатывающей промышленности, даже после биологической очистки, конечное содержание нефтепродуктов в сточных водах составляет около 5 мг/л, в оборотной воде этих же предприятий допускается содержание нефтепродуктов до 25 мг/л, что может быть достигнуто уже в результате дешевого механического способа очистки.

Исключение составляют бытовые сточные воды, при использовании которых для подпитки оборотных систем водоснабжения требуется доочистка и обеззараживание. Кроме того, в полностью замкнутых системах водоснабжения в оборотной воде постепенно накапливаются соли, из-за чего возникает необходимость их частичной деминерализации.

При всем многообразии сточных вод производственный контроль обычно ограничен аналитическими возможностями лабораторий, поэтому контролируется не более 30 ингредиентов. Кроме таких косвенных показателей, как ХПК, БПК, определяются нефтепродукты, СПАВ, фенолы, группы органических веществ и отдельные вещества, специфичные для анализируемого стока. По этим показателям оценивается эффективность работы очистных сооружений.

**Бытовые сточные воды.** Их объем зависит от количества населения, проживающего в домах с канализацией, и удельных норм бытового водопотребления и водоотведения. Замеры водопотребления на 1 жителя в домах с различной степенью благоустройства показали: 1) из уличных водозаборов тратится на 1 жителя 15 – 20 л/сут. 2) в канализованных домах – 60–85 л/сут; 3) в квартирах с ванными – 90-100 л/сут; 4) в квартирах с горячей водой – 120-150 л/сут. Нормы бытового водоотведения принимают в размере 80-90 % нормы водопотребления, т.к. 10-20% воды не достигают канализационной сети. Есте-

ственно, что эти нормы довольно приближенные и могут довольно значительно изменяться в зависимости от климатических и социально-экономических условий. Поэтому во всех случаях, когда с достаточной степенью надежности необходимо определить удельные нормы водоотведения бытовых сточных вод на перспективу, проводят специальные проектные проработки, в ходе которых составляют прогноз развития жилого фонда города, после чего определяется норма бытового водоотведения  $Q$ :

$$\sum_{i=0}^k nq/N, (3.1),$$

где  $k$  – число групп жилых зданий по степени благоустройства,  $n$  – число жителей в домах данной степени благоустройства,  $q$  – норма бытового водоотведения для домов данной степени благоустройства,  $N$  – число жителей в городе.

Несколько иначе к проблеме бытового водоснабжения относятся в США, где используют не только питьевую, но и техническую воду.

Концентрация загрязнений в бытовых сточных водах зависит от удельного водоотведения, а количество загрязнений – от числа жителей.

По СНиПу – 1975г. средние нормы загрязненности бытовых сточных вод (в г/сут. на 1 жителя) следующие: взвешенные вещества – 65; БПК 5 неосветленной жидкости – 54, осветленной – 35; БПК 20 неосветленной жидкости – 75, осветленной – 40; азот аммонийных солей – 8; фосфаты – 3,3, в том числе от моющих веществ – 1,6; хлориды – 9,0; ПАВ – 2,5.

**Сельскохозяйственное производство** связано с широким применением удобрений, что приводит к прогрессирующему загрязнению поверхностных вод биогенными элементами.

Результатом такого антропогенного загрязнения, выражающегося в избыточном поступлении с площади водосбора питательных веществ, главным образом фосфора и азота, является массовое развитие отдельных представителей синезеленых водорослей (цветение воды) и соответственно повышение продукции органического вещества, что ведет к эвтрофированию озер. Стимуляторами эвтрофирования являются фосфор, азот, а иногда и углерод.

Факторы формирования химического состава поверхностных вод приведены в табл. 1.

## Факторы формирования химического состава поверхностных вод

Факторы формирования и результаты их воздействия	Атмосферные осадки (дождь, снег, иней, град)	Поверхностные воды суши (реки, ручьи, озера, болота)	Подземные воды
Прямые факторы формирования	Почвы, породы, растения, соли солончаков, соли с поверхности льда, деятельность человека, космическая пыль, разряд атмосферного электричества (оксиды азота), вулканические газы, пыль	Атмосферные осадки, почвы, породы, растения, подземные воды, сточные воды (промышленные, сельскохозяйственные, хозяйственно-бытовые)	Поверхностные воды, почвы, породы, физико-химические процессы (растворение-осаждение, сорбция-десорбция и др.)
Результаты воздействия прямых факторов на состав воды	Переход в растворимое состояние солей: поступление в атмосферу и образование в ней твердых и жидких аэрозолей и газов	Поступление химических веществ в различных формах: взвешенные, коллоидные, растворенные (ионы, комплексные соединения, недиссоциированные соединения)	Поступление химических веществ в растворенной форме, осаждение в результате физико-химических процессов
Косвенные факторы формирования	Климат	Климат, рельеф, растительность, водный режим	Климат, рельеф, геологические условия, глубина залегания, температура и давление
Результат воздействия косвенных факторов на состав воды	Обогащение атмосферных осадков химическими веществами в различных концентрациях в зависимости от климатических условий и интенсивности антропогенного воздействия в регионе	Дифференциация поступления химических веществ в поверхностные воды в пространстве (географическая, климатическая зональность) и во времени (гидрохимический режим)	Изменение химического состава воды по концентрации (минерализация) и соотношению компонентов (относительный состав)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

Активное использование человеком Мирового океана в качестве транспортной магистрали, источника пищевых и минеральных ресурсов, хранилища твердых и жидких (в том числе химических и радиоактивных) отходов неизбежно порождает экологические проблемы. Чаще всего они связаны с загрязнением природной среды, приводящим к серьезным негативным последствиям, одним из которых является сокращение воспроизводства биологических ресурсов.

Загрязнение стало обыденным понятием, наводящим на мысли об отравленных воде, воздухе, почве. Однако на самом деле эта проблема гораздо сложнее. Загрязнению невозможно дать простое определение, так как оно может включать в себя сотни факторов, связанных с самыми разными источниками.

Загрязнение—это:

– любые изменения воздуха, воды, почвы, растительности или пищевых продуктов, оказывающие нежелательное воздействие на здоровье, выживаемость или деятельность человека;

– неблагоприятное изменение нашего окружения, являющееся полностью или в основном побочным результатом деятельности человека;

– привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно нехарактерных физико-химических и биологических веществ, агентов, оказывающих вредные воздействия на природные экосистемы и человека;

– поступление любого вещества или материала туда, где его не должно быть. Будучи полезными в одном месте, они вызывают загрязнение, когда выбрасываются или поступают туда, где могут нанести ущерб окружающей среде или здоровью человека.

Загрязнение – это нормальные побочные продукты жизнедеятельности человека как чисто биологического вида и его социального, творческого существа. Они представляют собой органические и неорганические отходы метаболизма и пищеварения, а также деятельности по выращиванию и защите урожая, обогреву домов, производству одежды, овладению атомной энергией. Решить эту проблему невозможно простым устранением причин, так как, пока существует человек, будут и побочные продукты его жизнедеятельности.

Действительно, каждый организм в естественной экосистеме производит потенциально загрязняющие среду отходы. Устойчивость экосистемы обуслов-

лена тем, что отходы одних организмов становятся пищей и/или «сырьем» для других. В сбалансированных экосистемах отходы не накапливаются до уровня, вызывающего «неблагоприятные изменения», а разлагаются и рециклируются. Однако человек часто стал превышать способность природы растворять и разлагать вещества. Мы научились получать нужные нам продукты из различного сырья новыми способами. Тысячи синтетических материалов заменяют нам природные продукты (табл.2).

Всего в мире в повседневном использовании находится около 70 тыс. различных синтетических химических веществ. Каждый год к ним прибавляется до 1 500 новых. Мы мало знаем о потенциально вредном воздействии 80% этих новых химических веществ на людей, животных и растения. По данным Агентства охраны окружающей среды до 3 500 из 70 тыс. химических веществ, находящихся в продаже, вредны или потенциально вредны для человека.

Таблица 2

Некоторые из синтетических продуктов, заменившие натуральные  
(Экологические основы..., 2001)

1950 год	Настоящее время
Натуральные продукты. Волокно растительного и животного происхождения (хлопок, шелк, шерсть)	Синтетические волокна
Продукты деревообработки	Продукты из пластмасс, алюминия и пр.
Мыло	Синтетические моющие вещества
Естественные органические удобрения	Промышленные неорганические удобрения
Свободная от добавок пища	Пища с добавками
Хищники	Пестициды
Каучук	Синтетический каучук

Непосредственными *объектами загрязнения* (акцепторами загрязняющих веществ) служат основные компоненты экотопа (местообитание биотического сообщества): атмосфера, вода, почва. Косвенными объектами загрязнения (жертвы загрязнения) являются составляющие биоценоза – растения, животные, микроорганизмы.

Источники загрязнения весьма разнообразны. Это промышленность, теплоэнергетический комплекс, бытовые отходы, отходы животноводства и пр.

Среди ингредиентов загрязнения – тысячи химических соединений. Это металлы и оксиды, токсические вещества, аэрозоли. Разные источники выбросов могут быть одинаковыми по составу и характеру загрязняющих веществ. Так, углеводороды поступают в атмосферу и при сжигании топлива, и от



нефтеперерабатывающей, и от газодобывающей промышленности. Загрязнителем может быть любой физический агент, химическое вещество и биологический вид (микроорганизмы), попадающие в окружающую среду или возникающие в ней в количествах, выходящих за рамки своей обычной концентрации – предельных естественных колебаний или среднего природного фона в рассматриваемое время (табл. 3).

Таблица 3

Главные загрязнители воды (Трушина, 2001)

Химические	Биологические	Физические
Кислоты	Вирусы	Радиоактивные элементы
Щелочи	Бактерии	Взвешенные твердые частицы
Соли	Другие болезнетворные организмы	Органолептические (цвет, запах)
Нефть и нефтепродукты	Водоросли	Шлам
Пестициды	Лигнины	Песок
Диоксины	Дрожжевые и плесневые грибки	Ил
Тяжелые металлы	—	Глина
Фенолы	—	—
Аммонийный и нитритный азот	—	—
СПАВ	—	—

Различают антропогенные загрязнители, разрушаемые биологическими процессами и не разрушаемые ими (стойкие). Первые входят в естественные круговороты веществ и поэтому быстро исчезают или подвергаются разрушению биологическими агентами. Вторые не входят в естественные круговороты веществ, а потому разрушаются организмами в пищевых цепях.

Загрязнения подразделяют на *природные*, вызванные какими-то естественными, обычно катастрофическими (извержение вулкана, селевой поток) причинами, и *антропогенные*, возникающие в результате деятельности людей. Среди антропогенных выделяют загрязнение *биологическое*, *механическое* – засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без физико-химических последствий; *химическое* – изменение естественных химических свойств среды, в результате чего повышается среднесуточное колебание количества каких-либо веществ для рассматриваемого периода времени, или проникновение в среду веществ, нормально отсутствующих в ней или в концентрациях, превышающих норму.

Загрязнение *физическое* подразделяют на: 1) тепловое, возникающее в результате повышения температуры среды в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды; 2) световое – нарушение естественной освещенности местности в результате воздействия искусственных источников света, приводящее к аномалиям в жизни растений и животных; 3) шумовое, образующееся в результате увеличения интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня; 4) электромагнитное, появляющееся в результате изменения электромагнитных свойств среды, приводящее к глобальным и местным геофизическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах; 5) радиоактивное, связанное с повышением естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ.

Загрязнение *биологическое* - появление необычно большого числа микроорганизмов, связанное с массовым их размножением в результате хозяйственной деятельности человека.

Биологическое загрязнение приводит к бактериологическому заражению (инфекционный гепатит, холера, тиф, дизентерия, кишечные инфекции). Возникает проблема гигиены. Характеризуют этот вид загрязнения *бактериологические показатели питьевой воды*. Питьевая вода не должна содержать болезнетворных микробов. Санитарным показателем качества воды по ГОСТ 2874-82 является *титр (колититр) кишечной палочки*, т.е. наименьшее количество воды, в которой обнаруживается одна кишечная палочка. Для водопроводной воды титр равняется 300. Это значит, что в 300 мл воды допускается 1 кишечная палочка. Определяется и *индекс (колииндекс) кишечной палочки* (наименьшее количество кишечных палочек в 1 л воды). Для водопроводной воды он должен равняться 3. Это значит, что в 1 л воды ГОСТ допускает не более 3 палочек. Большее количество их указывает на возможность попадания в воду болезнетворных микробов, которые вызывают кишечные инфекционные заболевания.

Общее количество микробов в воде тоже служит показателем ее санитарного состояния. В 1 л водопроводной питьевой воды по ГОСТу 2874-82 «Вода питьевая» допускается не более 100 микробов.

Наиболее приемлема в санитарном отношении вода, которая поступает централизованным путем из городского водопровода, т.к. подвергается постоянному лабораторному контролю и при необходимости – предварительной очистке и обеззараживанию.

Источники загрязнения органикой: пищевые предприятия, молочные, сахарные заводы, сыроварни, животноводство, птицеводство и т.д. Например,

один целлюлозно-бумажный комбинат загрязняет воду в той же мере, что и город с населением в 500 тыс. человек. Органическое загрязнение обычно оценивается биохимическим потреблением кислорода (БПК) за 5, 10, 25 сут. Это позволяет определить, какое количество кислорода необходимо организмам – деструкторам для полной минерализации всего нестойкого органического вещества, содержащегося в 1 л воды в течение 5, 10, 25 сут. ПДК для БПК<sub>5</sub> находится в пределах от 5 до 2,0 мг О/л ( БПК<sub>5</sub> – это 60-80% БПК полного).

*Химическое загрязнение* бывает неорганическим и органическим. Основными *неорганическими* (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора. Большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности. Тяжелые металлы поглощаются фитопланктоном, а затем передаются по пищевой цепочке и другим организмам. Токсический эффект некоторых наиболее распространенных загрязнителей гидросферы представлен в табл.4.

Кроме перечисленных в таблице, к опасным загрязнителям можно отнести неорганические кислоты и основания, обуславливающие широкий диапазон рН промышленных стоков (1,0 – 11,0) и способных изменять рН водной среды до значений 5,0 или выше 8,0; тогда как рыба в пресной морской воде может существовать только в интервале рН 5-8,5. Среди основных источников загрязнения гидросферы минеральными веществами и биогенными элементами следует упомянуть предприятия пищевой промышленности и сельского хозяйства. С орошаемых земель ежегодно вымывается около 12 млн т. солей.

Таблица 4

Влияние некоторых загрязнителей на живые организмы

Вещество	Планктон	Ракообразные	Моллюски	Рыбы
Медь	+++	+	+++	+
Цинк	+	++	++	+
Свинец		+	+	+++
Ртуть	++++	+++	+++	+++
Кадмий		++	++	++++
Хлор		++	++	+++
Роданид		+	+	++++
Цианид		++	++	++++
Фтор		+	+	++++
Сульфид		+	+	+++

Отходы, содержащие ртуть, свинец, медь, локализованы в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Загрязнение ртутью значительно снижает первичную продукцию морских экосистем, подавляя развитие фитопланктона. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариев рек. Дальнейшая ее миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и включением ее в трофические цепи водных организмов.

Так, печальную известность приобрела болезнь Минаматы, впервые обнаруженная японскими учеными у людей, употребляющих в пищу рыбу, выловленную в заливе Минамата, в который бесконтрольно сбрасывали промышленные стоки с техногенной ртутью.

*Органическое загрязнение.* Среди вносимых в реки с суши растворимых веществ большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Вынос в гидросферу органического вещества оценивается в 300-380 млн т/год. Сточные воды, содержащие суспензии органического происхождения или растворенное органическое вещество, пагубно влияют на состояние водоемов. Осаждаясь, суспензии заливают дно или полностью прекращают жизнедеятельность донных микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения вод. При гниении донных осадков могут образовываться вредные соединения и отравляющие вещества, такие как сероводород, которые приводят к полному загрязнению воды в реке. Наличие суспензий затрудняет также проникновение света на глубину и замедляет процессы фотосинтеза. Нарастающее загрязнение водоемов и водотоков наблюдается во всех промышленных странах. В мировом стоке содержится:

Нефтепродукты.....	26,6 млн т/год
Фенолы.....	0,46 млн т/год
Отходы производства синтетических волокон.....	5,50 млн т/год
Растительные органические остатки.....	0,17 млн т/год
Всего.....	33,27 млн т/год

Ежегодно в реки сбрасывается около 160 км<sup>3</sup>, а так как большая часть сточных вод не очищается или очищается недостаточно, то они загрязняют 4000 куб км речных вод, или 12% всего речного стока.

Значительных размеров достигает концентрация загрязнений дождевых сточных вод – ливневых и талых. При этом дождевые стоки бывают более ядовиты, чем промышленные и хозяйственно-бытовые.

Последствия загрязнения далеко не всегда ощущаются сразу. Скачкообразным проявлениям загрязнения нередко предшествуют скрытые. Именно поэтому в настоящее время ученые ищут способы своевременной косвенной индикации загрязнения в самые начальные его моменты. Но загрязнение – это не только выброс в природную среду вредных веществ. При отводе воды в естественные водоемы от систем охлаждения в них изменяется естественный режим температуры, что определяет тепловое загрязнение. Причем тепловое загрязнение связано не только с повышением, но и с понижением температуры. Важно то, что меняется *режим* температуры.

В некоторых случаях загрязнение принимает самые неожиданные формы. Например, опасным источником загрязнения водоемов в США оказалась спортивная охота, и даже велась борьба за запрещение использования свинцовой дроби, т.к. водоплавающие птицы принимают ее за гравий и семена растений. Считается, что ежегодно в США от отравления свинцом погибают 2,4 млн водоплавающих птиц (или 2,5 % всех перелетных), поскольку за охотничий сезон на дне водоемов остается 3 тыс. т свинцовой дроби.

С экологических позиций спортивная охота на птиц представляет собой активную форму воздействия на популяцию, которую можно рассматривать как комплекс помех, а значит, и загрязнения. Его образуют фактор беспокойства (шум, запахи), нарушение оптимального баланса популяций, их численности и плотности, возрастной и сексуальной структуры. Например, для популяции дикой утки одинаковые последствия (распад популяции) наступают в нескольких случаях: если из нее изъято особей больше, чем можно (перепромысел); если тростниковые заросли, среди которых она гнездится, будут уничтожены при заготовке тростника для промышленно-хозяйственных нужд; если местообитание утки и тростник окажутся загрязненными промышленными стоками; если яйца в гнездах начнут уничтожаться хищниками, например, енотовидной собакой.

Аналогично и для популяции осетровых рыб одинаковые последствия наступят в результате перепромысла, загрязнения отходами и перекрытия русла реки плотиной, не оборудованной рыбоходом. Все эти совершенно различные по происхождению и природе воздействия факторы имеют объединяющий их признак: они являются помехами в экологических системах и популя-

циях и ведут к одному и тому же результату – снижению продуктивности популяции, экосистем, а далее – и к их распаду.

В настоящее время в ряде частей Мирового океана возникла очень напряженная экологическая ситуация. Она связана с поступлением загрязняющих веществ, образующихся в результате деятельности человека; изъятием биологических ресурсов (только в результате рыболовства ежегодно изымается их более 70 млн т. в год); добычей полезных ископаемых (газа, нефти, железомарганцевых конкреций, полиметаллических сульфидов).

Наиболее интенсивно загрязняется прибрежная зона. Примыкающая к суше часть океана в международной практике подразделяется на пространства различной государственной юрисдикции. Выделяют зону территориальных вод протяженностью 12 миль, прилежащую зону (до 24 миль от внутренних вод) и экономическую зону, общей шириной 200 миль, или около 370 км. Экономическая зона является зоной суверенного права приморского государства на разведку, разработку, сохранение и воспроизводство живых и минеральных ресурсов, а также управление этими ресурсами.

Общемировая площадь экономической зоны, интенсивно осваиваемая человеком, составляет 36% площади акватории Мирового океана. Естественно, что именно она испытывает максимальную антропогенную нагрузку. Одним из основных источников загрязнения экономической зоны и открытого океана является развитие приморских государств, рост населения и промышленно-технического потенциала городов и городских агломераций. В Тихий океан ежегодно сбрасывается около 9 млн т отходов, в воды Атлантики – свыше 30 млн т. Океаны и моря загрязняются такими вредными для них веществами, как нефть, тяжелые металлы, пестициды, радиоизотопы. Результат такого загрязнения – обнаружение в марте 1995 г. в Калифорнийском заливе трупов 324 дельфинов и 8 китов.

Газообразные токсические вещества (окись углерода, двуокись серы) поступают в морскую воду из атмосферы. По подсчетам ученых Калифорнийского технологического института в Мировой океан с дождями ежегодно осаждается 50 тыс. т свинца, попадающего в воздух с выхлопными газами автомобилей (табл.5).

Естественные и антропогенные потоки загрязняющих веществ  
в Мировой океан (Переведенцев и др., 2004)

Загрязняющее вещество	Сток, т/год		Доля антропогенного стока, %	Поток в океан, т/год	
	естественный	антропогенный		прямое загрязнение, сток с суши	атмосферное выпадение
Свинец	$1,8 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	92	$(10-20,0) \cdot 10^5$	$(2,0-20,0) \cdot 10^5$
Ртуть	$3,0 \cdot 10^3$	$7,0 \cdot 10^3$	70	$(5,0-8,0) \cdot 10^3$	$(2,0-3,0) \cdot 10^3$
Кадмий	$1,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	50	$(1,0-20,0) \cdot 10^3$	$(5,0-140) \cdot 10^2$
ПХБ	-	$7,0 \cdot 10^3 \dots 1,3 \cdot 10^4$	100	$(5,0-10,0) \cdot 10^3$	$(2,0-3,0) \cdot 10^3$
Нефть	$9,5 \cdot 10^5$	$9,6 \cdot 10^6$	90	$(5,0-10,0) \cdot 10^6$	$6,0 \cdot 10^5$
Сера [42]	$1,3 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	47	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^7$

Что касается отечественных гидроресурсов, то сегодня особенно уязвимо Черное море: с глубины 100-150 м в его водах начинается бескислородная сероводородная зона, которая при современной структуре и балансе воды пока находится в стабильном состоянии. Однако при увеличении водопотребления до размеров более 50-70 км<sup>3</sup>/год и нарушении баланса речного и морского притоков (в настоящее время 360 и 200 км<sup>3</sup> /год соответственно) в Черном море возможно наступление глубокой конвекции. Примером последствий глубокой конвекции служит Мертвое море, в котором в 80-х гг. сероводородные соленые воды вышли на поверхность, и быстро – за 80-90 мин.

Другим источником загрязнения является речной сток, выносящий в Мировой океан значительный объем загрязняющих веществ. Так, р. Рейн ежедневно выносит в территориальные воды Нидерландов 35 тыс.м<sup>3</sup> твердых отходов, 10 тыс. т химикатов (соли, фосфаты, ядовитые вещества). В работе английского исследователя Батерборта и его коллег отмечается, что в моллюсках, обитающих в 140 км ниже по побережью от места впадения р. Авона (Эйвонс), в устье которой расположены плавильни, обнаружены аномальные уровни содержания кадмия и цинка.

В антропогенной составляющей речного стока преобладают загрязняющие вещества, содержащиеся в промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоках. Это тяжелые металлы, биогенные соединения, пестициды и нефтепродукты (табл. 6). Антропогенный сток нередко сравним с природными потоками химических элементов и их соединений или даже превышает его.

Определенную роль в загрязнении территориальных вод играют и рекреационные зоны, к которым относят природные или специально организованные территории, традиционно используемые для отдыха. Максимальная антропогенная нагрузка в этих зонах приводит к резкому изменению бальнеологической и бактериальной ситуации прибрежных вод и способствует увеличению роста и распространению различных заболеваний.

Особую опасность для Мирового океана представляют катастрофы на плавучих и стационарных буровых установках, ведущих разработку морских нефтегазовых месторождений, а также аварии танкеров, перевозящих нефтепродукты. Нефть – один из самых опасных загрязнителей. 1 т нефти способна покрыть тонким слоем площадь в 12 км<sup>2</sup>. Ежегодно в океан попадает более 10 млн т нефти.

Почти половина нефти, поступающей в океан, связана с ее транспортировкой и добычей на шельфе. Установлено, что на нефтяные разливы приходится 20-30% общего загрязнения (Переведенцев и др., 2004).

При попадании нефти в море на его поверхности образуется пленка – нефтяной «слик». Толщина его может быть различной: от мономолекулярной до нескольких сантиметров. Эта пленка не пропускает солнечные лучи, препятствует фотосинтезу кислорода в воде.

Под влиянием различных физико-химических процессов, а в последующем процессов микробной деструкции нефть преобразуется в эмульсии, затем в нефтяные агрегаты – комочки, состоящие, как правило, из тяжелых фракций нефтяных углеводородов; часть нефти переходит в донные осадки. Наибольшей устойчивостью обладают полиароматические углеводороды (ПАУ); например, период полураспада метилнафталина составляет (в донных отложениях) два года. Концентрация нефтяных углеводородов в Мировом океане колеблется в широких пределах. В Балтийском море содержание нефтяных углеводородов составляет 0,8-8 мкг/л, в Атлантическом океане вблизи Бермудских островов – 6 мкг/л в поверхностном слое и 1 мкг/л – на глубине 1000 м. В Тихом океане в отдельных районах (юго-западная часть, Южно-Китайское море) содержание нефтепродуктов достигает сотен мкг/л, однако поля загрязнения распространены неравномерно, и в некоторых обширных областях загрязнение нефтью прак-



тически отсутствует. Концентрация нефти в Мировом океане наиболее высока в тонком поверхностном микрослое., который является коллектором всех загрязняющих веществ, поступающих в морскую среду. В нефтяных пленках нередко аккумулируются хлорированные углеводороды и ионы тяжелых металлов. Обширные акватории океана, в основном вдоль танкерных маршрутов, постоянно покрыты нефтяными пленками, а поверхностный микрослой загрязнен нефтяными агрегатами, концентрация которых в отдельных районах весьма значительна: 100 мг/м<sup>2</sup> (к югу от Японии), 500-600 мг/м<sup>2</sup> (в Средиземном море), до 96мг/м<sup>2</sup> (в Саргассовом море).

В марте 1978 г. вблизи французского г. Бреста потерпел аварию американский супертанкер «Амоко Кадис». В результате в море вылилось 230 тыс. т нефти. Нефть образовала пленку на площади 2000 км<sup>2</sup>. Было загрязнено до 400 км французского побережья. Особенно загрязнению нефтью подвержены относительно мелководные окраинные и внутренние моря, такие как Северное, Японское и др. В период 1973-1984 гг. в США Институтом охраны окружающей среды и энергетики отмечено 12 тыс. случаев загрязнения вод нефтью. Нанесенный ущерб огромен. Например, последствия, в связи с гибелью в 1995 г. теплохода «Дота» у Керченского пролива в Азовском море, оцениваются в 7 млн дол.

При реализации проекта МАР-ПОЛМОН (Программа МОК/ВМО по мониторингу загрязнения морских вод нефтью и нефтепродуктами) определено, что средняя концентрация нефтяных агрегатов в Северной Атлантике составила 4,4 мг/м<sup>2</sup>, а их общая масса на поверхности воды достигала 15-20 тыс. т. Общее количество нефтяных агрегатов в Мировом океане оценивается в 700 тыс. т.

В зависимости от условий среды и типа нефти нефтяные пленки, или эмульгированная нефть, сохраняются на поверхности океана от нескольких часов до нескольких дней, нефтяные агрегаты – от нескольких месяцев до года. Наибольшее загрязнение океана тяжелыми металлами наблюдается в основном в прибрежных водах и внутренних морях как результат речных выносов, промышленных и бытовых стоков. Как уже отмечалось, важным источником загрязнения океана тяжелыми металлами является атмосферный перенос. Тяжелые металлы легко аккумулируются во взвешенных частицах и, депонируясь в донных осадках, создают ситуацию хронического загрязнения водной толщи и донных отложений. Наиболее токсичной из тяжелых металлов признана ртуть. Поступая в морскую среду, ртуть ассоциируется со взвешенными частицами, органическими агрегатами и оседает на дно моря.

Наиболее простой показатель экологического состояния морей – степень их загрязнения. Согласно международной терминологии, загрязнение морей – это введение человеком прямо или косвенно в морскую среду веществ, наносящих вред животным и растениям, вызывающих опасность для здоровья людей, ухудшающих качество морской среды, уменьшающих ее полезные свойства. Показателем загрязненности является индекс загрязняющих веществ (ИЗВ) (табл. 6).

Таблица 6

Индекс загрязняющих веществ морских вод

Класс качества	Характеристика качества воды	Величина ИЗВ	Изменение величины ИЗВ для определения качества воды, %
1	Очень чистая	менее 0,25	100
2	Чистая	более 0,25-0,75	более 50
3	Умеренно загрязненная	более 0,75-1,25	более 30
4	Загрязненная	более 1,25-1,75	более 25
5	Грязная	более 1,75-3	более 20
6	Очень грязная	более 3-5	более 15
7	Чрезвычайно грязная	более 5	более 10

**Загрязнение морей.** Территория России омывается различными по природным условиям морями, расположенными в основном на периферии. Вместе с природными особенностями хозяйственная деятельность формирует их экологическое состояние.

*Азовское море.* Загрязнение вод формируется за счет стока р. Дона и Кубани. Самым загрязненным районом является дельта Кубани. Повышенное содержание тяжелых металлов в дельте обычно наблюдается в водах дельты после усиления поверхностного стока из-за сильных осадков. Но не только дождевой сток с водосборной площади является источником этих загрязнений. Например, цинк поступает при разрушении и растворении минералов, в результате коррозии трубопроводов, со сточными водами промышленных предприятий и оросительных систем.

*Черное море.* Характерной особенностью является отсутствие кислорода (от горизонтов 100-200 м и до дна) и постоянное присутствие в его водах сероводорода. Глубоководная зона почти безжизненна. В северо-западную часть Черного моря с течением р. Дуная и Днестра поступает огромное количество азота и фосфора, весь ежегодный сток фенолов (1 тыс. т), нефтепродуктов (около 50 тыс. т), пестицидов (около 20 т). Концентрация нефтепродуктов в водах Дуная и Днестра превышает ПДК в 7-8 раз, концентрация фенолов – в 4-5 раз. В

открытых районах этой части моря воды относятся к категории «очень грязных», а в самых благоприятных районах – к категориям «загрязненные» и «грязные». При хорошо выраженной в летнее время плотностной стратификации вод (разделение на слои по плотности), препятствующей поступлению кислорода из поверхностного слоя в придонный, у дна развивается недостаток кислорода (гипоксия). Это приводит к гибели организмов – заморам, которые повторяются в северо-западной части Черного моря практически ежегодно (Переведенцев и др., 2004).

*Балтийское море.* Основным источником загрязнения являются речные воды и береговой сток. Невская губа наиболее загрязнена хлорорганическими пестицидами, содержание ДДТ здесь достигает 30-70 мг/л. Несколько меньше загрязнен Выборгский залив. На выходе из Финского залива концентрация ДДТ достигает 1,1 мг/л, содержание тяжелых металлов превышает средние концентрации для меди в 10 раз, ртути в 5-7 раз, свинца в 8-10 раз, кадмия и цинка в 3-4 раза. По величине ИЗВ воды открытой части Балтийского моря и Финского залива можно оценить как «умеренно загрязненные».

Специфический вид загрязнения Балтийского моря – захоронение на его дне химического оружия. В 1997 г. в районе порта Люсечил российско-датская экспедиция в 1997 г. обнаружила утечку отравляющих веществ.

*Белое море.* Основная часть антропогенной нагрузки приходится на прибрежную зону моря, главным образом Двинского и Кандалакшского заливов и в меньшей степени Онежского залива. Так, в 1999 г. в Двинском заливе среднее содержание нефтепродуктов было ниже ПДК (0,03 мг/л), максимальная концентрация – 4,4 ПДК. Она отмечалась в придонном слое приустьевого взморья. Максимальные концентрации хлорорганических пестицидов наблюдаются в приустьевых и мелководных участках моря. Содержание аммонийного азота и нитритов значительно ниже ПДК. Тяжелые металлы встречаются в устьевых участках и прибрежных районах с развитой промышленностью.

*Баренцево море.* В прибрежной зоне концентрация нефтепродуктов превышает ПДК в десятки раз, фенолов – почти в 20 раз (средняя величина – 6 ПДК), наблюдается эвтрофирование вод. В открытые районы моря загрязняющие вещества поступают из прибрежной зоны и приносятся из Норвежского моря Нордкапским течением, а далее Мурманским течением распространяются на восток, а затем за счет общей циркуляции вод распространяются по морю.

Среди нефтепродуктов особое место занимают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) как природного, так и техногенного происхож-

дения, которые обладают значительной устойчивостью, а также токсическими и канцерогенными свойствами. Наиболее распространенными соединениями ПАУ является бен(а)пирен. С 1991 г. наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения нефтяными углеводородами вод северной части моря. Баренцову морю свойствен низкий фоновый уровень содержания ПАУ и минимальное загрязнение веществами антропогенного происхождения.

Экологическое состояние моря по совокупности показателей оценивается как близкое к естественному (Переведенцев и др., 2004).

*Карское море.* Загрязнение вод наиболее значительно в устьях рек и приустьевых участках моря. Так, среднее значение концентрации нефтяных углеводородов равно 23,7 мг/л и изменяется от 10 до 105 мг/л (2 ПДК). Наибольшее их количество наблюдалось в Енисейском заливе.

Содержание пестицидов группы ДДТ в районе о. Белый достигало 2,49 мг/л, марганца – 1,70-41,70 мг/л, свинца – 0,01-9,60 мкг/л, никеля – 0,05-5,45 мкг/л, меди – 0,05-6,00 мкг/л, цинка – 0,10-11,00 мкг/л, кобальта – 0,01-0,11 мкг/л.

У восточного побережья Новой Земли на глубине 300-400 м захоронены бочки с радиоактивными отходами и отслужившие свой срок реакторы с атомных судов. По степени загрязнения в Карском море преобладают умеренно загрязненные воды, а в Обской губе и Енисейском заливе распространены загрязненные и грязные воды.

*Море Лаптевых.* Загрязнены в основном прибрежные воды и приустьевые участки. Так, в отдельные годы среднее содержание нефтяными углеводородами равнялось 17,1 мг/л. Максимальное их количество наблюдалось в районе порта Тикси (губа Буорхая) – до 114 мг/л.

По степени загрязнения в прибрежных районах возле устья р. Лены отмечались умеренно загрязненные, загрязненные и грязные воды.

*Восточно-Сибирское море.* Прибрежные воды обычно характеризуются сравнительно небольшим загрязнением нефтяными углеводородами. Их содержание в воде в последнее время снизилось до ПДК, хотя в отдельные годы повышалось до 2 ПДК и выше. Содержание хлорорганических пестицидов группы ДДТ колеблется от 0,26 до 3,07 мг/л, а содержание полихлорированных бифенилов в районе устьевого взморья Колымы – до 4,5 мг/л. Повышенное содержание тяжелых металлов наблюдается в зонах влияния речного стока, который содержит отходы горно-обогатительных комбинатов.

*Чукотское море.* Содержание нефтяных углеводородов в морской воде обычно невелико. Оно бывает несколько повышенным в портовых акваториях и на судоходных трассах. Количество хлорорганических пестицидов группы ДДТ в поверхностных водах у восточного побережья острова Врангеля – до 0,7 мг/л. Содержание полихлорированных бифенилов в воде возле Колючинской губы – около 5,2 мг/л, марганца – 3,50-6,50 мг/л, железа – 150-190 мг/л, свинца – 1,00-3,00 мкг/л, никеля – 0,10-51,20 мкг/л, меди – 1,50-3,00 мкг/л, цинка – 0,60-0,90 мкг/л, олова – 0,01-0,05 мкг/л. Относительно повышенное содержание тяжелых металлов отмечалось в районе мыса Шмидта.

По составу и количеству загрязнителей воды Чукотского моря относятся к умеренно загрязненным.

Арктические моря, за исключением некоторых районов, характеризуются региональными фоновыми концентрациями (или близкими к ним) содержащихся в них загрязнителей. Экологическое состояние большей части акватории морей считается относительно благополучным, но они в значительной мере уязвимы по отношению к внешним воздействиям.

*Берингово море.* Заметной антропогенной нагрузке подвергаются Анадырский лиман, бухты угольная и Эмма. Основные источники загрязнения – бытовые и промышленные стоки. В отдельные годы в лиман поступало до 1,2 т нефтепродуктов, 141 т взвешенных веществ, 2,7 т СПАВ, в бухту Эмма – 19 т взвешенных веществ, 0,3 т СПАВ.

В северо-западных и западных районах Берингова моря прибрежные воды характеризуются как грязные, несколько дальше в море распространены воды загрязненные, в открытых районах моря отмечаются умеренно-загрязненные воды (Переведенцев и др., 2004).

*Охотское море.* Наиболее значительной антропогенной нагрузке подвержены воды в районе Магадана и локальные участки в разных районах моря.

Среднее содержание фенолов в Авачинской губе составило 3 ПДК, СПАВ – 1 ПДК. Из тяжелых металлов наблюдались значительные концентрации меди (до 2 ПДК), молибдена (до 5 ПДК), ванадия (до 5 ПДК), железа и марганца (до 1 ПДК). ИЗВ составило 1,09, что соответствует умеренно загрязненным водам. Местами они характеризуются как грязные. Содержание биогенных элементов не превышало ПДК. В прибрежных водах Сахалинского шельфа содержание нефтепродуктов составляло в 1999 г. 3 ПДК (максимальное – 15 ПДК), фенолов – меньше 3 ПДК (максимальное – 10 ПДК), СПАВ – 0,6-1,0 ПДК (максимальное – 2 ПДК). В этом же году в прибрежных водах в районе пос. Стародубское об-

наружена ртуть, ее среднемесячные концентрации колебались от 0,06 до 0,24 мг/л.

*Японское море.* Открытые пространства центральной части моря относительно чистые. Прибрежная зона, особенно в районах, где расположены порты и промышленные центры, загрязнена наиболее значительно. Основные источники загрязнения – промышленные и бытовые сточные воды.

Наиболее значительное содержание нефтяных углеводородов отмечено в бухте Золотой Рог (максимум – 21 ПДК), фенолов – в заливах Амурском и Находка. Кроме этого, в Амурском заливе обнаружены СПАВ. Среднее содержание тяжелых металлов в прибрежных водах, за исключением ртути, не превышало ПДК. Максимальное содержание ртути в Амурском заливе и бухте Золотой Рог составило 6 ПДК. Практически во всех районах повышены концентрации хлорорганических пестицидов группы ДДТ. Другие загрязнители присутствовали в концентрациях, близких к ПДК, или несколько их превышающих.

Интересные исследования экологического состояния залива Находка проведены Ю.А. Наумовым (Наумов, 2004). Этот залив испытывает сильное антропогенное воздействие от 5 портов (торговый, рыбный, нефтеналивной, Восточный, лесной), судоремонтных заводов и жилых массивов. Общая масса загрязняющих веществ в 1998 г. составила 14,2 тыс. т (без учета загрязняющей роли 1 067 морских судов). В связи с этим здесь отмечалось в 1998 г. превышение ПДК по нефтепродуктам (максимальное превышение – 49 ПДК отмечено у г. Партизанска), по детергентам максимальное превышение – 52 ПДК отмечено в бухте Находка), ртути (оз. Соленое 3 ПДК, бухта Находка – 4 ПДК, Бухта Врангель – 3,1 ПДК), кадмию (р. Хмыловка – 9,6 ПДК), свинцу (р. Хмыловка – 22 ПДК, бухта Находка – 4 ПДК), меди (р. Партизанская – 6 ПДК), цинка (рр. Партизанская и Хмыловка – до 16 ПДК), железу (руч. Тунгус до 40 ПДК). В настоящее время наблюдается тенденция к снижению средних содержаний поллютантов. При этом наиболее четко прослеживается уменьшение концентраций меди и железа, что связано с уменьшением сельскохозяйственных и гальванических стоков вследствие падения объемов сельхозпроизводства и судоремонта. Тревожной остается обстановка по детергентам (8,9 ПДК) и нефтепродуктам (16,5 ПДК). Первые выносятся с побережья с коммунально-бытовыми, промышленными стоками, сбрасываются с судов. Вторые также имеют многочисленные источники (суда и их бункеровка, аварийные разливы, стоки с нефтебазы и городской территории).

В целом воды Японского моря характеризуются как загрязненные или умеренно загрязненные, в ряде районов – как грязные.

Из всего вышесказанного вытекает, что состояние российских морей в основном неудовлетворительное. Моря, омывающие берега России, нуждаются в серьезной защите от экологически вредного антропогенного влияния. Необходимо, прежде всего, их беречь от загрязнения промышленными и бытовыми сточными водами.

***Преднамеренный сброс отходов в море с целью захоронения (дампинг).***

Многие страны, имеющие выход к морю, производят морское захоронение различных материалов и веществ (в частности, грунта, вынутого при дноуглубительных работах), отходов промышленности, взрывчатых и химических веществ и т.д. Объем захоронений составляет около 10% всей массы загрязняющих веществ, поступающих в Мировой океан. Основание для дампинга в море – способность морской среды к переработке большого количества органических и неорганических веществ без особого изменения качества воды, но эта способность не беспредельна. В связи с этим дампинг – вынужденная мера, связанная с несовершенством существующих технологий.

В шламах промышленных производств, поступающих в океан, присутствуют разнообразные органические вещества и соединения тяжелых металлов. Бытовой мусор также «богат» загрязняющими ингредиентами. Он содержит (на массу сухого вещества): 32-40% органических веществ, 0,56% азота, 0,44% фосфора, 0,155% цинка, 0,085% свинца, 0,001% кадмия, 0,001% ртути. Шламы очистных сооружений коммунальных стоков содержат (на массу сухого вещества) до 12% гуминовых веществ, 7-10 % углеводов, тяжелые металлы (Стурман, Сидоров, 2005). Подобный состав имеют и материалы дночерпания.

До 1984 г. в Мировом океане производились также захоронения радиоактивных отходов, наиболее активно в пределах Баренцева и Карского морей. В настоящее время этот процесс приостановлен, так как употреблявшиеся для этого контейнеры гарантировали надежность лишь в течение нескольких десятилетий. Тем не менее, опасность радиационного загрязнения океана не устранена в связи с авариями, происходящими на атомных подводных лодках ледоколах и судах, несущих ядерное вооружение, а также ядерными взрывами, производимыми Францией на атолле Морурра.

Наиболее опасным из радиоактивных изотопов, поступающих в океан, является стронций – 90, участвующий в биологическом цикле. Многие морские

организмы концентрируют изотопы. Раковины моллюсков, как и планктон, активно аккумулируют канцерогены.

Еще один фактор загрязнения Мирового океана – поступление загрязняющих веществ из воздуха или с атмосферными осадками в виде кислотных дождей.

Мировой океан, в отличие от речных систем, не имеет самоочищающего оттока. Его загрязнение создает угрозу глобальному круговороту кислорода, так как количество кислорода, производимое фотосинтезирующими организмами в океане, невосполнимо никакими другими источниками. Ежегодно продуцирование кислорода зелеными растениями Земли составляет  $3 \times 10^9$  т. Большая часть –  $3/4$  этого количества – приходится на растения суши, а  $1/4$  – на фотосинтезирующие организмы океана. Отсюда понятна важность системы контроля за сбросами отходов в море, при организации которого большое значение имеет определение районов дампинга с учетом свойств материалов и характеристик морской среды. Критерии решения этой проблемы изложены в «Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов» (Лондонская конвенция по дампингу, 1972). Основные ее требования следующие:

- оценка количества, состояния и свойств (физических, химических, биохимических, биологических) сбрасываемых материалов, их токсичности, устойчивости, склонности к накоплению и биотрансформации в водной среде и морских организмах;

- использование возможностей нейтрализации, обезвреживания и реутилизации отходов;

- выбор районов сброса с учетом требований максимального разбавления веществ, минимального распространения их за пределы сброса, благоприятного сочетания гидрологических и гидрофизических условий;

- обеспечение удаленности районов сброса от районов нагула рыб и нереста, от мест обитания редких и чувствительных видов гидробионтов, от зон отдыха и хозяйственного использования.



## ОБЩИЕ И СУММАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОД

**Минерализация.** Суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ; обычно выражается в мг/дм<sup>3</sup> (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>) и процентах (промилле, или тысячной доле при минерализации более 1000 мг/дм<sup>3</sup>).

Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводность варьирует от 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40 50 мг/дм<sup>3</sup> до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм<sup>3</sup>) составляет величины 20-120 мкСм/см.

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности, к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв. В зависимости от величины минерализации выделяют несколько категорий природных вод (табл. 7).

Таблица 7

Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
Ультрапресные	<0,2
Пресные	0,2-0,5
Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5-1,0
Солоноватые	1,0-3,0
Соленые	3-10
Воды повышенной солености	10-35
Рассолы	>35

*В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм<sup>3</sup>. По согласованию с органами департамента СанЭпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из*

*артезианских скважин), допускается увеличение минерализации до 1500 мг/дм<sup>3</sup>).*

**Электропроводность** - это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Природные воды представляют собой в основном смешанные растворы сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод). По значениям электропроводности природной воды можно приближенно судить о минерализации воды с помощью предварительно установленных зависимостей.

Затруднения, возникающие при оценке суммарного содержания минеральных веществ (минерализации) по удельной электропроводности, связаны с неодинаковой удельной электропроводностью растворов различных солей, а также с повышением электропроводности при увеличении температуры.

***Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мСм/см (1000 мг/дм<sup>3</sup>) и 3 мСм/см (1500 мг/дм<sup>3</sup>) в случае как хлоридной (в пересчете на NaCl), так и карбонатной (в пересчете на CaCO<sub>3</sub>) минерализации.***

Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электропроводность – удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

**Температура воды** в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовые и суточные изменения температуры воды на поверхности и глубинах определяются количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно наблюдаются на небольшой глубине. На

мелководье амплитуда колебаний температуры воды близка к перепаду температуры воздуха.

*В требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате сброса сточных вод не более, чем на 5°C по сравнению с естественной температурой.*

Температура воды – важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы, от которого в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения. Значения температуры используют для вычисления степени насыщения воды кислородом, различных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы, при многих гидрохимических, гидробиологических, особенно лимнологических исследованиях, при изучении тепловых загрязнений.

**Взвешенные твердые вещества**, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и режимом стока, зависит от пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.п.

Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям.

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате сброса сточных вод не должно увеличиваться соответственно более, чем на 0,25 мг/дм<sup>3</sup> и 0,75 мг/дм<sup>3</sup>. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/дм<sup>3</sup> природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в пределах 5%.*

Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов.

Грубодисперсные примеси определяют гравиметрическим методом после их отделения путем пропускания через фильтр «синяя лента» (преимущественно для проб с прозрачностью менее 10 см).

**Органолептические наблюдения.** Метод определения состояния водного объекта путем непосредственного осмотра его. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

**Запах** – это свойство воды вызывать у человека и животных специфическое раздражение слизистой оболочки носовых ходов. Запах воды характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах (табл.8).

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Таблица 8

Определение интенсивности запаха воды

Оценка интенсивности запаха, балл	Интенсивность запаха	Характер проявления запаха
0	Никакого	Отсутствие осязаемого запаха
I	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
II	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание
III	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья
IV	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья
V	Очень сильный	Запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

На запах воды оказывают влияние состав содержащихся в ней веществ, температура, значения рН, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

**Мутность** природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

**В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм<sup>3</sup> по каолину.**

Мутность воды определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего через пробу света) путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты измерений выражают в мг/дм<sup>3</sup> (при использовании основной стандартной суспензии каолина) или в ЕМ/дм<sup>3</sup> (единицы мутности на 1 дм<sup>3</sup> при использовании основной стандартной суспензии формазина); 1,5 мг/дм<sup>3</sup> каолина соответствует 2,6 ЕМ/дм<sup>3</sup> формазина. Турбидиметрическое определение предназначено для вод, имеющих переменчивый состав и форму тонкодисперсных примесей. Если пробу предварительно не профильтровать, то турбидиметрически будут определены не только коллоидные, но и более грубодисперсные частицы.

**Цветность.** Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

**Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов.**

Различают "истинный цвет", обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной рН.

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных

организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

*Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см.*

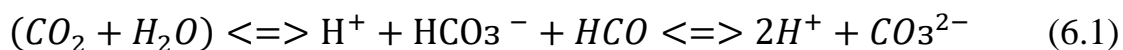
**Прозрачность** (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Ослабление интенсивности света с глубиной в мутной воде приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды, стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема.

Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

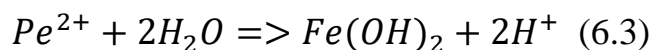
**Водородный показатель (pH).** Содержание ионов водорода (гидроксония -  $H_3O^+$ ) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (6.2)$$

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения **pH** тесно связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении  $\text{CO}_2$  водной растительностью высвобождаются ионы  $\text{OH}^-$ ). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:



Значение **pH** в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5÷8,5, в атмосферных осадках 4,6÷6,1, в болотах 5,5÷6,0, в морских водах 7,9÷8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина **pH** для большинства речных вод составляет 6,8÷7,4, летом 7,4÷8,2. Величина **pH** природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна.

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения, величина **pH** не должна выходить за пределы интервала значений 6,5-8,5.*

Величина **pH** воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины **pH** зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина **pH** воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

В водоеме можно выделить несколько этапов процесса его закисления. На первом этапе **pH** практически не меняется (ионы бикарбоната успевают полностью нейтрализовать ионы  $\text{H}^+$ ). Так продолжается до тех пор, пока общая щелочность в водоеме не упадет примерно в 10 раз до величины менее 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

На втором этапе закисления водоема **pH** воды обычно не поднимается выше 5,5 в течение всего года. О таких водоемах говорят как об умеренно кислых. На этом этапе закисления происходят значительные изменения в видовом составе живых организмов.

На третьем этапе закисления водоема **pH** стабилизируется на значениях **pH**<5 (обычно **pH** 4,5), даже если атмосферные осадки имеют более высокие

значения **pH**. Это связано с присутствием гумусовых веществ и соединений алюминия в водоеме и почвенном слое.

Природные воды в зависимости от **pH** рационально делить на семь групп (табл. 9).

Таблица 9

Группы природных вод в зависимости от **pH**

Группа	pH	Примечание
1. Сильнокислые воды	<3	Результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
2. Кислые воды	3-5	Поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ
3. Слабокислые воды	5-6,5	Присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
4. Нейтральные воды	6,5-7,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
5. Слабощелочные воды	7,5-8,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
6. Щелочные воды	8,5-9,5	Присутствие $\text{Na}_2\text{CO}_3$ или $\text{NaHCO}_3$
7. Сильнощелочные воды	9,5	Присутствие $\text{Na}_2\text{CO}_3$ или $\text{NaHCO}_3$

**Окислительно-восстановительный потенциал (Eh).** Мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах. Значения окислительно-восстановительных (редокс) потенциалов выражаются в вольтах (милливольтах). Изучение редокс-потенциала позволяет выявить природные среды, в которых возможно существование химических элементов с переменной валентностью в определенной форме, а также выделить условия, при которых возможна миграция металлов.

В природной воде значение Eh колеблется от 400 до + 700 мВ и определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов, и в условиях равновесия характеризует среду сразу относительно всех элементов, имеющих переменную валентность.

Различают несколько основных типов геохимических обстановок в природных водах:

- **окислительный** – характеризуемый значениями **Eh** + (100–150)мВ, присутствием свободного кислорода, а также целого ряда элементов в высшей форме своей валентности ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{V}^{5+}$ ,  $\text{U}^{6+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{4+}$ );

- **переходный окислительно-восстановительный** – определяемый величинами **Eh** + (100-0) мВ, неустойчивым геохимическим режимом и переменным



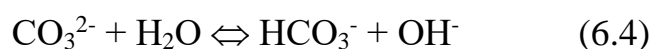
содержанием сероводорода и кислорода. В этих условиях протекают как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов;

•**восстановительный** - характеризуемый отрицательными значениями  $E_h$ . В подземных водах присутствуют металлы низких степеней валентности ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mo^{4+}$ ,  $V^{4+}$ ,  $U^{4+}$ ), а также сероводород.

**Кислотность** природных и сточных вод определяется их способностью связывать гидроксид-ионы. Расход гидроксида отражает **общую** кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты и катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований). В этих случаях рН воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях рН может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей рН до величин  $<4,5$ , называется свободной.

**Щелочность.** Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот (карбонатов, гидрокарбонатов, силикатов, боратов, сульфитов, гидросульфитов, сульфидов, гидросульфидов, анионов гуминовых кислот, фосфатов). Их сумма называется **общей щелочностью**. Ввиду незначительной концентрации трех последних ионов общая щелочность воды обычно определяется только анионами угольной кислоты (карбонатная щелочность). Анионы, гидролизуясь, образуют гидроксид-ионы:



Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1  $dm^3$  воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, рН этих вод не превышает 8,3.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых на обработку вод для водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных концентрациях щелочноземельных металлов важно для установления пригод-

ности воды для ирригации. Вместе со значениями рН щелочность воды служит для расчета содержания карбонатов и баланса угольной кислоты в воде.

**Растворенный кислород** находится в природной воде в виде молекул  $O_2$ . На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

- процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
- поступление кислорода в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно им перенасыщены.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации. Аэрация – обогащение глубинных слоев воды кислородом – происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ (Р, N и др.) в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров).

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ: биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое (окисление  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_2^+$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ ). Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах от 0 до  $14 \text{ мг/дм}^3$  и подвержено сезонным и суточным ко-

лебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать  $2,5 \text{ мг/дм}^3$  растворенного кислорода.

В зимний и летний периоды распределение кислорода носит характер стратификации. Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около  $5 \text{ мг/дм}^3$ . Понижение его до  $2 \text{ мг/дм}^3$  вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом в результате процессов фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

***В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 ч. дня, не должно быть ниже  $4 \text{ мг/дм}^3$  в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже  $4 \text{ мг/дм}^3$  в зимний период (при ледоставе) и  $6 \text{ мг/дм}^3$  – в летний.***

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков. Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме. По величине кислорода можно судить об уровне загрязненности воды и ее классе качества (табл.10)

Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	Растворенный кислород		
	Лето, мг/дм <sup>3</sup>	Зима, мг/дм <sup>3</sup>	Насыщение, %
Очень чистые, I	9	14-13	95
Чистые, II	8	12-11	80
Умеренно загрязненные, III	7-6	10-9	70
Загрязненные, IV	5-4	5-4	60
Грязные, V	3-2	5-1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, называется степенью насыщения кислородом. Эта величина зависит от температуры воды, атмосферного давления и солености. Вычисляется по формуле

$$M = \frac{a \cdot 101308}{N \cdot P} \cdot 100, \quad (6.6)$$

где M - степень насыщения воды кислородом, %;

a - концентрация кислорода, мг/дм;

P - атмосферное давление в данной местности, Па;

N – нормальная концентрация кислорода при данной температуре, минерализации (солености) и общем давлении 101308 Па.

**Жесткость** воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей называют **общей жесткостью**. Общая жесткость подразделяется на **карбонатную**, обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при pH 8,3) кальция и магния, и **некарбонатную** – концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют **временной** или **устранимой**. Остающаяся после кипячения жесткость называется постоянной. Результаты определения жесткости обычно выражают в мг-экв/дм<sup>3</sup>.

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочно-земельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в резуль-

тате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и других процессов растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм<sup>3</sup> считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/дм<sup>3</sup> – средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/дм<sup>3</sup> – жесткой и выше 12 мг-экв/дм<sup>3</sup> очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/дм<sup>3</sup>, причем карбонатная жесткость составляет до 70-80% общей жесткости. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм<sup>3</sup>).

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50-60%. Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего – в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения.

***Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Особые требования предъявляются к технической воде (из-за образования накипи).***

**Окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК).** Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая. Наиболее высокая степень окисления достигается методами бихроматной и податной окисляемости воды.

Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 дм<sup>3</sup> воды.

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностными и подземными стоками, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Образующиеся в водоеме и поступающие в него извне органические веще-

ства весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам, в том числе по устойчивости к действию разных окислителей. Соотношение содержащихся в воде легко- и трудноокисляемых веществ в значительной мере влияет на окисляемость воды в условиях того или иного метода ее определения.

В поверхностных водах органические вещества находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. Последние в рутинном анализе отдельно не учитываются, поэтому различают окисляемость фильтрованных (растворенное органическое вещество) и нефилтрованных (общее содержание органических веществ) проб.

Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 дм<sup>3</sup>), исключение составляют воды нефтяных месторождений и грунтовые воды, питающиеся за счет болот. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью – 2-3 мг О/дм<sup>3</sup>, реки равнинные – 5-12 мг О/дм<sup>3</sup>, реки с болотным питанием – десятки миллиграммов на 1 дм<sup>3</sup>.

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность (табл. 11).

Таблица 11

Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость	мг О/дм <sup>3</sup>	Зона
Очень малая	0-2	Высокогорье
Малая	2-5	Горные районы
Средняя	5-10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра
Повышенная	15-20	Северная и южная тайга

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ с водосбора, с другой, – гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять перманганатную окисляемость; в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (ХПК).

*В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм<sup>3</sup>; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/дм<sup>3</sup>.*

ХПК в программах мониторинга используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

В зависимости от величины ХПК выделяют 6 классов водоемов (табл. 12).

Таблица 12

Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности

<i>Степень загрязнения (классы водоемов)</i>	<i>ХПК, мг О/дм<sup>3</sup></i>
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК (мг О/дм<sup>3</sup>) умножается на 0,375 (коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода).

**Биохимическое потребление кислорода (БПК).** Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. Биохи-

мическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся («биологически мягким») веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются «биологически жесткие» вещества, такие как гидрохинон, сульфенол, неионогенные ПАВ и др.

В лабораторных условиях наряду с БПК<sub>П</sub> определяется БПК<sub>5</sub> – биохимическая потребность в кислороде за 5 сут. В поверхностных водах величины БПК<sub>5</sub> изменяются обычно в пределах 0,5-4 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и подвержены сезонным и суточным колебаниям.

Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2-3 раза при повышении температуры на 10°С. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Суточные колебания величин БПК<sub>5</sub> также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления. Весьма значительны изменения величин БПК<sub>5</sub> в зависимости от степени загрязненности водоемов (табл.13).

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК<sub>5</sub> составляет обычно около 70% БПК<sub>П</sub>.

Таблица 13

Величины БПК<sub>5</sub> в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Очень чистые	0,5-1,0
Чистые	1,1-1,9
Умеренно загрязненные	2,0-2,9
Загрязненные	3,0-3,9
Грязные	4,0-10,0
Очень грязные	10,0

Определение БПК<sub>5</sub> в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обита-



ния гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины БПК<sub>5</sub> при контроле эффективности работы очистных сооружений.

*В зависимости от категории водоема величина БПК<sub>5</sub> регламентируется следующим образом: не более 3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для морей (I и II категории рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде (БПК<sub>5</sub>) при 20°C не должна превышать 2 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.*

Полным биохимическим потреблением кислорода (БПК<sub>П</sub>) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении ВПК, не учитывается. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК<sub>20</sub>, считая, что эта величина близка к БПК<sub>П</sub>.

*Полная биологическая потребность в кислороде БПК<sub>П</sub> для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20°C не должна превышать 3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.*

## ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕК Г. ПЕРМИ

Любой вид человеческой деятельности воздействует на окружающую среду (ОС), в том числе на поверхностные и подземные воды. Реакция последних определяется двумя группами факторов: характеристикой источника загрязнения (интенсивность выделения загрязняющих веществ, их виды, близость расположения к зонам повышенной водопроницаемости и пр.) и защищенностью. Под естественной защищенностью подземных вод понимается совокупность геологических и гидрогеологических условий, обеспечивающих предотвращение проникновения загрязняющих веществ в водоносный горизонт. Защищенность оценивается по условному времени проникновения загрязнений с поверхности земли в подземные воды. Параллельно с защищенностью оценивается интенсивность загрязнения. Совместное картирование этих двух показателей выражается в виде соответствующего районирования территории при использовании подземных вод.

Показателем интенсивности хозяйственной деятельности человека может служить величина поступления химических соединений в окружающую среду. Взаимосвязь ареалов загрязнения в атмосфере, в поверхностных и подземных водах, почвах, биоте носит сложный пространственно-временной характер. Контуры ареалов загрязнения во всех средах изменяются во времени в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия и резких колебаний климатических условий. Исследования в этой области прежде всего актуальны для городских территорий, где вследствие значительной плотности населения, скопления различных видов промышленности, транспорта и коммунального хозяйства загрязнение окружающей среды, в частности природных вод, особенно интенсивно. При оценке экологической ситуации в городах широкое распространение получают геохимические и гидрогеохимические методы. Они являются основой для изучения распространения ингредиентов загрязнения в различных природных средах.

Город Пермь в последнее время интенсивно застраивается, что приводит к радикальному изменению гидрогеологической обстановки, в результате чего меняется уровень и гидрохимический режим грунтовых и поверхностных вод. В городах и промышленных районах появляются техногенные водоносные горизонты, аazonальные воды, изменяются условия и площади питания, стока и разгрузки грунтовых вод, образуются зоны подпора и усиленной фильтрации,

нарушается водный баланс, взаимодействие поверхностных и грунтовых вод. В результате происходит существенное преобразование окружающей среды. Одна из важных сторон техногенного воздействия связана с вовлечением в сферу города огромных масс химических элементов с твердыми промышленными и бытовыми отходами, пылевыбросами, промышленными и коммунальными стоками и пр.

Пермь входит в число городов, приоритетных по загрязнению атмосферного воздуха. Большие объемы загрязняющих веществ сказываются на формировании экологической обстановки, ухудшение которой усугубляют довольно бедные почвы, напряженный гидрологический режим малых рек и расположение некоторых промышленных предприятий на склонах водоразделов.

Проблемой для г. Перми является накопление в больших объемах токсичных промышленных и бытовых отходов.

Разнообразные антропогенные факторы, накладываясь на природные комплексы и взаимодействуя с ними, формируют антропогенные комплексы. Почвы – один из основных природных элементов, оказывающих значительное влияние на функционирование других, прежде всего, в геохимическом аспекте. Основными загрязнителями почв городов являются сточные воды (в том числе и ливневые) и атмосферное загрязнение. Техногенные аномалии в городах имеют полиэлементный состав. В мощных промышленных зонах наблюдается слияние аномалий от отдельных источников загрязнения в единую геохимическую аномалию. В городах слабо проявляется вытянутость осей техногенных аномалий по розе ветров, что связано с особенностями воздушных потоков в условиях городского ландшафта.

В почвах происходят активные процессы преобразования и разложения попадающих в них загрязняющих веществ, главным образом – органических. Как правило, наибольшее количество антропогенных веществ содержится в верхней части почвенного слоя, быстро убывая с глубиной, а в районах с длительным антропогенным воздействием – равномерное распределение загрязняющих веществ.

Протекающие в почвах и в зоне аэрации геохимические процессы делятся на природные и техногенные. Изучение этих процессов должно проводиться параллельно, поскольку современная геохимическая обстановка – продукт их совместного взаимодействия. Большая часть геохимических процессов обусловлена миграцией химических элементов, которая всегда направлена из зон

выщелачивания к участкам локализации, представляющим геохимические барьеры.

В зоне техногенеза часто происходит полное или частичное разрушение, или перестройка природных геохимических барьеров, меняется и их положение в пространстве. Формируются техногенные (техногенно-геохимические) барьеры. Механическое разрушение барьеров происходит в результате нарушения целостности почвенного слоя и пород зоны аэрации в процессе градостроительства, распашки земель, гидромелиоративных мероприятий, бурения скважин различного назначения и пр.

В пределах крупных населенных пунктов верхняя часть зоны аэрации представлена почвогрунтами. Нарушение почвенного покрова и дальнейшая его трансформация приводят к формированию техногенных отложений, к которым нередко бывают приурочены техногенные водоносные горизонты или верховодка. Развитие современного города определяет специфику загрязнения антропогенных отложений, в результате чего в них выделяется ряд геохимических аномалий, отличающихся друг от друга по качеству и количеству техногенных элементов. Соответственно в водной среде формируются техногенные гидрохимические аномалии.

В отличие от природных барьеров большинство техногенных – недолговечно. Продолжительность существования техногенного барьера определяется интенсивностью природных процессов, направленных на восстановление первоначальной геохимической обстановки.

Основную антропогенную нагрузку испытывают почвы, которые являются отправным пунктом последующей миграции химических элементов. Поэтому содержание элементов в почве обычно определяет их концентрацию в других компонентах ландшафта.

Атмосферные осадки, являющиеся важным звеном общего круговорота воды в природе, характеризуются сильной изменчивостью во времени и в пространстве, что приводит к серьезным инженерным проблемам. Они являются одним из основных источников питания подземных и поверхностных вод, изменяют их химический состав и приводят к формированию азональных вод.

Для определения антропогенной нагрузки на окружающую среду, в частности, уровня загрязнения атмосферных осадков, на территории Пермской области с 1980 г. ведется систематический отбор проб снежных и дождевых вод. Имеющиеся многолетние данные, а также результаты отбора проб твердых и жидких атмосферных осадков в районах влияния промышленных предприятий

и удаленных от них, а также в различных точках города, позволили определить степень интенсивности антропогенной нагрузки и охарактеризовать обусловленную ею трансформацию состава атмосферных осадков, характерного для природной геосистемы. Выделены площадные, точечные и линейные источники загрязнения. Локальные их распространения накладываются на фоновые более крупного масштаба. Наиболее четко локальные загрязнения проявляются в процессе площадного гидрохимического опробования снежного покрова.

Минерализация снежных вод изменяется в широких пределах – от 31 до 441 мг/дм<sup>3</sup>, составляя в среднем 100 мг/дм<sup>3</sup>, что более чем в 7 раз больше средней минерализации снежных осадков для равнинных районов Пермской области. Одним из источников загрязнения являются выбросы промышленных предприятий. Основные загрязняющие вещества по городу: летучие органические соединения, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>. Другим значительным источником загрязнения воздушной среды является транспорт. По данным последних лет доля этого источника в общем загрязнении города составила более 60%.

Часть неучтенных промышленных и бытовых стоков совместно с загрязненными атмосферными осадками смывается в ливневую канализацию, а затем попадает в Каму и ее притоки. Роль малых рек заключается в формировании водных ресурсов, водного и гидрохимического режимов средних и крупных рек, их экологической ситуации.

Химический состав речных вод является функцией условий, создаваемых окружающей средой и свойственных каждому водосборному бассейну. На территории Перми в Каму впадает более 10 малых рек. Большинство притоков левобережные, прорезающие весь комплекс камских террас. Протяженность рек достигает 45 км, истоки их находятся за пределами городской черты. Эти водотоки на значительном протяжении протекают по жилым массивам г. Перми. Концентрация промышленных предприятий привела к тому, что реки используются в основном в качестве приемников сточных вод и в конечном итоге оказывают влияние на качество вод р. Камы. Водотоки антропогенно измененных районов обладают специфическими гидрохимическими особенностями и развитием техногенных потоков рассеяния химических элементов. Реки и речные долины представляют участки, где в широких масштабах проявляются последствия техногенеза.

Минерализация речных вод на территории г. Перми изменяется от 264 до 5 437 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенная минерализация связана с содержанием в воде сульфатов и хлоридов. Обращает на себя внимание высокое содержание нитритов и аммонийного иона, которые превышают установленные нормы. На отдельных

участках р. Данилихи, Егошихи, Мотовилихи наблюдается низкое содержание кислорода (до 2,9 мг/дм<sup>3</sup>, насыщение водной массы 29,4 %), что связано с присутствием в речных водах органических загрязнителей, минерализация которых ведет к дефициту кислорода. В некоторых водах зафиксировано повышенное количество фосфора, тяжелых металлов. Последние аккумулируются главным образом в донных отложениях и могут вызвать вторичное загрязнение воды.

Виды и динамика землепользования, применение удобрений, неупорядоченное создание свалок бытовых отходов и пр. вызывают трансформацию местного стока и значительно ухудшают качество речных вод. Поэтому представляется актуальным прогноз изменений стока и биогенного загрязнения малых рек при различных видах хозяйственного освоения водосборной территории. Расчеты показывают, что при отсутствии антропогенной деятельности на водосборе содержание азота в воде малых рек невелико и составляет  $0,07 \div 0,4$ , а фосфора –  $0,04 \div 0,8$  ПДК.

Подземным водам принадлежит большая роль в процессе обмена веществом и энергией. Как показали гидрохимические исследования, подземные воды на территории г. Перми характеризуются пестрым химическим составом. В целом по городу преобладает зональная гидрокарбонатная (HCO<sub>3</sub>) гидрохимическая формация, второе место занимают воды сульфатной (SO<sub>4</sub>), третье и четвертое – соответственно воды нитратной (NO<sub>3</sub>) и хлоридной (Cl) азональных формаций. В целом, на территории г. Перми минерализация грунтовых вод изменяется от 267 до 3 487 мг/дм<sup>3</sup>. Основное влияние на изменение минерализации оказывают доминирующие компоненты загрязнения в каждом типе минерализации – SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Cl ионы. Изменчивость гидрохимических условий грунтовых вод возрастает с увеличением насыщенности территории хозяйственными объектами и инженерными коммуникациями.

Информация о режиме подземных вод лежит в основе всех гидрогеологических прогнозов и расчетов. Значительную роль в этих исследованиях играет организация и осуществление контроля за охраной подземных вод.

Анализ результатов изучения режима подземных вод позволяет установить основные источники их питания, взаимосвязь с поверхностными водоемами и водотоками, а также с другими водоносными горизонтами, охарактеризовать водно-воздушный и тепловой режимы зоны аэрации, изменения в водоносном горизонте под влиянием антропогенных факторов и оценить влияние изменяющихся гидрогеологических условий на ОС во времени и в пространстве. Использование для этой цели родников и колодцев в качестве объектов наблюдений позволяет, не прибегая к дорогостоящим буровым и опытно-

фильтрационным работам, получить сведения о степени обводненности различных горных пород, химическом составе и других характеристиках подземных вод. Данные о режиме подземных вод лежат в основе определения многих гидрогеологических параметров.

Управление подземными водами при их нарушенном режиме следует рассматривать как составную часть регулирования качественного состояния природной геосистемы в целом. Регулирование режима подземных вод необходимо органически сочетать с природоохранными мероприятиями, проводимыми в сфере смежных природных подсистем.

Анализ данных многолетних режимных наблюдений на территории г. Перми свидетельствует о локальном и региональном ухудшении гидрогеологических и гидрогеохимических условий в пределах города. Повсеместно наблюдается процесс ухудшения качества подземных вод, вызванный увеличением их минерализации, содержания хлоридов, сульфатов, соединений азота, жесткости, присутствием солей тяжелых металлов.

Улучшение гидрогеологической обстановки в пределах города может быть достигнуто лишь путем проведения системы водоохраных мероприятий, позволяющих осуществлять управление качеством подземных вод в условиях интенсивного действия техногенных факторов. Возникла срочная необходимость создания в регионе системы мониторинга ОС, включая и мониторинг подземных вод. Последний проводится в пределах природных и природно-техногенных водных объектов. При этом важно создать объективную систему критериев, отражающую состояние всех компонентов ОС в сравнении с естественными условиями и некоторыми стандартизированными показателями (например, ПДК) в отношении качества питьевой воды.

Основой мониторинга подземных вод являются традиционные режимные наблюдения (скважины, колодцы, родники и др.). В обычный комплекс наблюдений при гидрохимическом опробовании водоисточников входят точная привязка водопункта на местности, характеристика геологического строения и геоморфологических условий, описание характера водоисточника (глубина залегания подземных вод, тип источника, литологический состав и др.), наличие выходов газа, пленок на поверхности воды, минеральные отложения источника, физические свойства воды, наличие каптажа, практическое использование водоисточника. В ходе полевых исследований у водоисточников определяются физические свойства воды, значение рН, свободная углекислота и ряд других компонентов.

Управление подземными водами при нарушенном режиме следует рассматривать как составную часть регулирования качественного состояния природной геосистемы в целом. Уже сейчас во многих промышленных районах Западного Предуралья создается тяжелое положение с водоснабжением. В г. Перми и других городах нет системы надежного водоснабжения населения на случай аварийных ситуаций и катастроф на существующих источниках питьевого водоснабжения.

В процессе обследования родников были опробованы подземные воды слабоводоносного Шешминского терригенного комплекса /верхняя Пермь/ и водоносного четвертичного аллювиального горизонта.

**Родниковые воды Шешминского терригенного комплекса.** Все источники находятся в основном на левобережье р. Камы и выходят в долинах ее притоков – Данилихи, Егошихи, Ивы, Мотовилихи, Язовой. Значительное количество источников обследовано и в долине р. Камы. Главным образом они выходят в основании или на склонах IV надпойменной террасы р. Камы и прослеживаются широкой полосой по Соликамскому тракту – от площади Восстания до ст. Кислотный.

Как показали химические анализы, родниковые воды имеют пестрый химический состав, обусловленный, как правило, инженерно-хозяйственной деятельностью человека. В целом по левобережной территории г. Перми в разное время года минерализация изменяется от 474 до 8446 мг/дм<sup>3</sup>. Основное влияние на колебания минерализации оказывают доминирующие компоненты загрязнения – сульфатный, нитратный и хлоридный ионы. Цикличность в изменчивости минерализации и содержании преобладающих компонентов загрязнения приводит к внутригодовой периодичности в изменении химического состава. В общем случае в периоды года с затрудненной инфильтрацией и при полном ее отсутствии типичны конечные стадии загрязнения.

Бассейн р. Данилихи. Минерализация родниковых вод изменяется от 525 до 1 003 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенная минерализация связана главным образом с увеличением сульфатного и нитратного ионов, что свидетельствует о промышленном и бытовом загрязнении водоносного горизонта. Содержание нитратного иона в отдельных родниках превышает ПДК<sub>в</sub> в 2,5. Повышенные содержания сульфатов характерны, в основном, для районов с деревянной застройкой. Повышенные содержания сульфатов отмечены в родниках в непосредственной близости от АО «Моторостроитель», что, по-видимому, и обусловлено его влиянием.

Бассейн р. Егошихи. Минерализация родниковых вод изменяется от 483 до 2 516 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная минерализация связана с высокими содержа-



ями хлора ( $1\ 099\ \text{мг/дм}^3$ ) и натрия ( $639\ \text{мг/дм}^3$ ). В обоих случаях имеется ПДК<sub>в</sub> – соответственно более чем в 3 и в 5 раз. Данный родник выходит в районе коллективных садов в черте города вблизи весьма оживленной автомагистрали. Рядом на водоразделе находится свалка. Все это в совокупности вызывает сильное загрязнение водоносного горизонта. Превышение ПДК<sub>в</sub> по нитратному иону зафиксировано еще в трех родниках, причем наибольшее (более чем в 3 раза) в верховьях р. Егошихи на участке деревянной застройки и коллективного сада. Родник также выходит на участке бытового сада.

Бассейн р. Ивы. Минерализация родниковых вод изменяется от 503 до  $997\ \text{мг/дм}^3$ . Долина реки и прилегающие водоразделы полностью находятся на территории с деревянной застройкой, поэтому в родниках зафиксировано только бытовое загрязнение. Об этом свидетельствует превышение ПДК<sub>в</sub> по нитратному иону в 6 родниках.

Бассейн р. Мотовилихи. Минерализация родниковых вод изменяется от 451 до  $915\ \text{мг/дм}^3$ . На водоразделе отсутствуют многоэтажки и промышленные предприятия, поэтому можно говорить только о бытовом загрязнении. Зафиксировано превышение ПДК<sub>в</sub> по нитратному иону в трех родниках.

Бассейн р. Язовой. Минерализация родниковых вод изменяется от 678 до  $1\ 533\ \text{мг/дм}^3$ . В долине и на прилегающих водоразделах преобладает деревянная застройка. О бытовом загрязнении свидетельствует повышенное содержание хлора, натрия, нитратов. В одном из родников в долине р. М. Язовой установлено превышение ПДК по хлору, нитратам и натрию.

Соликамский тракт. Опробовано 17 родников, Минерализация вод изменяется от 611 до  $956\ \text{мг/дм}^3$ . В связи с повсеместной деревянной застройкой как на водоразделе, так и вдоль Соликамского тракта резко преобладает бытовое загрязнение. Все родники используются местным населением для питья. В связи с сильным бытовым загрязнением в 14 пробах зафиксировано превышение ПДК по нитратам, в двух – по хлору, в трех – по натрию.

**Подземные воды водоносного четвертичного аллювиального горизонта.** По данным гидрохимического опробования родников на правом берегу г. Перми минерализация вод изменяется от 199 до  $702\ \text{мг/дм}^3$ , составляя в среднем  $377\ \text{мг/дм}^3$ . Минимальная минерализация ( $200\text{-}285\ \text{мг/дм}^3$ ) характерна для вод, в составе которых первым по весу является гидрокарбонатный ион ( $\text{НСО}_3$ ), повышенная ( $323\text{-}702\ \text{мг/дм}^3$ ) – для вод с преобладанием сульфатного иона. Некоторые пробы показали повышенное содержание натрия. Наибольший водозабор для питьевых целей местное население осуществляет из родников в районе Дома отдыха и на участке профилактория. Воды этих родников характеризуются сравнительно повышенной минерализацией в основном за счет сульфатов и

нитратов. По данным режимных наблюдений количество всех элементов, фиксирующих загрязнение, в течение года находится в пределах нормы.

Питание аллювиального водоносного горизонта происходит на всей площади распространения второй надпойменной террасы р. Камы, на которой расположен Закамский район вместе с крупными промышленными предприятиями.

На наш взгляд, повышенное содержание сульфатного иона в водах всех родников связано с промышленным загрязнением. Содержание сульфатов изменяется от 34 до 223 мг/дм<sup>3</sup>, составляя в среднем 107 мг/дм<sup>3</sup>.

До недавнего времени эта часть города сравнительно мало была затронута инженерно-хозяйственной деятельностью человека, в частности, промышленным и гражданским строительством. На территории преобладало бытовое загрязнение главным образом за счет органических соединений, что наблюдается и в настоящее время в некоторых колодцах на участках деревянной застройки, где минерализация грунтовых вод может превышать 1 100 мг/дм<sup>3</sup>.

В целом на правобережной территории города грунтовые воды характеризуются повышенной минерализацией. Средняя по 50 анализам вод из родников и колодцев составляет 718 мг/дм<sup>3</sup>. Загрязнение подземных вод связано с отсутствием водонепроницаемых экранов над аллювиальным водоносным горизонтом, что благоприятствует быстрой инфильтрации загрязненных поверхностных вод.

По данным режимных наблюдений за химическим составом родниковых вод на всей территории г. Перми, качество их продолжает ухудшаться. Режим подземных вод на территории города является нарушенным и в значительной степени подвержен инженерно-хозяйственной деятельности человека. С целью дальнейшего изучения изменения химического состава подземных вод необходимо продолжение режимных исследований и расширение режимной наблюдательной сети.

*Таким образом, малые реки на территории г. Перми несут значительную техногенную нагрузку. Особенно загрязнены р. Мулянка, Егошиха, Данилиха. Наиболее характерным для всех рек является загрязнение соединениями азота. Так, превышение ПДК по нитритному иону зафиксировано во всех реках, кроме р. Мотовилихи.*

*Химический состав речных вод является функцией условий, создаваемых окружающей средой, свойственных каждому водосборному бассейну. Водотоки антропогенно измененных районов обладают специфическими гидрохимическими особенностями.*

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### I. Изучаемая проблема: *Сравнительная характеристика химического состава рек г. Перми на примере рек...*

*Указания: Реки, которые являются объектом исследований, студенты выбирают самостоятельно. Исходные данные берутся из сборников «Состояние окружающей среды г. Перми», приведенных на сайте Управления по экологии городской администрации. При описании условий формирования химического состава рек используются материалы, приведенные в данном пособии.*

#### План решения проблемы:

Введение.....	3
1. Географическая и гидрографическая характеристика.....	4
1.1. Географическое положение и гидрографические характеристики р. N.....	5
1.2. Географическое положение и гидрографические характеристики р. M ...	5
2. Факторы, определяющие химический состава малых рек г. Перми.....	6
2.1. Естественные факторы.....	6
2.2. Техногенные факторы .....	7
3. Химический состав вод малых рек г. Перми.....	13
3.1. Химический состав р. N.....	15
3.2. Химический состав р. M.....	16
3.3. Выводы: сравнительная характеристика химического состава изучаемых рек .....	18
Литература.....	20

## ПРИМЕР ОСНОВНОГО СОДЕРЖАНИЯ РАЗДЕЛОВ

### Введение

**Включает:** *актуальность работы, цель, задачи, объект, предмет, используемые данные*

**Пример:** Пермь является городом, где протекает много малых водотоков. По территории города протекает около 100 водотоков, образующих сложную речную сеть. Если брать в расчет и водотоки, которые берут свое начало за пределами города, то число возрастет до 300. Территория, с которой происходит формирование стока, режим вод и их санитарное состояние под влиянием всего комплекса природных и хозяйственных условий бассейна, где формируется специфика химического состава каждой реки в отдельности и создается общая гидроэкологическая обстановка в городе. В зависимости от ее остроты проводятся водоохранные мероприятия и разрабатываются предложения для их использования в рекреационных целях. Следовательно, знание химического состава рек необходимо для планирования развития городской территории и обеспечения рекреационной безопасности.

В связи с этим *цель работы заключается в описании условий формирования и анализе химического состава рек N и M, протекающих по территории г. Перми*

Для достижения поставленной цели следует решить задачи:

- дать географическую и гидрографическую характеристики изучаемых рек;
- собрать данные по условиям формирования и химическому составу рек;
- изучить факторы, влияющие на формирование химического состава водных объектов;
- дать характеристику химического состава изучаемых рек и его сравнительный анализ.

**Объекты исследований:** реки N (протекает в северной части города по ...району) и M (протекает в южной части города по ...району)

**Предмет исследований:** условия формирования и характеристика химического состава изучаемых рек

При выполнении работы использованы данные, опубликованные в .....

## 1. Краткая географическая и гидрографическая характеристики рек г. Перми

*Пример (краткий, в работе он должен быть объемнее, можно привести гидрографическую карту):* Большинство малых рек г. Перми превращены в сточные канавы, хотя являлись когда-то украшением города. Одни речушки пересыхают летом, другие – живы лишь за счет живительной влаги родников, третьи полны канализационными водами. Имеются и навечно закованные в трубы или просто засыпанные при планировке городских территорий.

Почти у всех малых рек после создания водохранилищ на р. Каме изменилось строение гидрографической сети в приустьевой части. Одни притоки рек стали самостоятельно впадать в водохранилища, сократилась их длина, а другие – несут теперь свои воды в обширные заливы водоемов.

Изменение характера русловых процессов на малых реках г.Перми под влиянием человеческой деятельности создает опасные зоны экологического риска для водных объектов города.

Малые реки города находятся в одинаковых природно-климатических условиях, поэтому источники их питания схожи. Примерно 60-70% годового питания рек приходится на талые весенние воды, 20% – на дождевые паводки, остальную часть (10-20%) составляет грунтовое питание. Модуль годового стока на всех реках города примерно одинаковый и изменяется от 7,5 до 7,8 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Наибольшие максимальные расходы весеннего половодья и дождевых паводков отмечаются на наиболее крупных городских реках (Мулянка, Гайва, Пыж). На более крупных реках максимальный расход весеннего половодья примерно в 2 раза превосходит аналогичный расход дождевых паводков, что характерно для большинства средних и крупных рек России. На более мелких реках города дождевые паводки часто превосходят по величине весеннее половодье, и чем меньше водосборная площадь реки, тем это превышение больше. Расходы воды в период летней и зимней межени заметно ниже, чем во время весеннего половодья. При этом на наиболее крупных реках самые минимальные в году расходы воды отмечаются в зимнее время, на более мелких – летом.

## 1.1. Географическое положение и гидрографические характеристики р. N

**Пример: Река N** – малая река, левый приток Камы, протекает по территории исторического центра города. Длина около 9,5 км. Ее исток находится в лесном массиве около микрорайонов Липовая гора и Владимирский в Свердловском районе. Она течёт по территории Свердловского района, затем вдоль границы Мотовилихинского района со Свердловским и Ленинским. Река протекает по глубокому и широкому (в нижнем течении) оврагу, который в Перми называют .... логом. Лог пересекается тремя дамбами – Северной, Южной и дамбой по ул. Ижевская, мостом по ул. Революции, мостом между ул. Чкалова и Старцева и несколькими менее значимыми мостами. На ее берегах расположено множество садовых участков,..... Она впадает в Каму поблизости от Речного вокзала и ж/д станции Пермь I. Участок реки от железнодорожной линии до устья заключен в коллектор. На участке от ... до .... устье покрыто отложениями ила толщиной до 2 м, там образовались мелководные участки, заросшие камышом и осокой. На склонах долины встречаются выходы грунтовых вод в виде родников – всего их в бассейне реки их 21.

Таблица 1

Некоторые параметры реки и элементы ее гидрологического режима

Река	Местоположение створа	Ширина реки, м	Максимальная глубина, м	Площадь сечения реки, м <sup>2</sup>	Максимальная скорость течения, м/с	Расход воды, м <sup>3</sup> /с
N	Юж. Дамба	3,0	0,51	1,40	0,55	0,460
	Сев. Дамба	4,3	0,34	0,96	0,85	0,520

Таблица 2

Гидрологические характеристики реки N по данным института  
«Пермгипроводхоз»

Модуль годового стока, л/с с 1 км <sup>2</sup>	Максимальный расход весеннего половодья (1% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с	Максимальный расход дождевых паводков (1% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с	Минимальные расходы воды в год (95% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с
7,7	10,6	13,3	Летняя межень – 0,042 Зимняя межень – 0,034

У р. N практически полностью нарушен естественный русловой режим. В долинах реки и ее притоков: ручья ..., рек ... и.... склоновая и овражная эрозия разрушает поверхность земли, усиливает опасность возникновения оползней.

Трубы и отверстия в насыпях под переездами засорены, заилены, плохо пропускают воду. В результате выше насыпей образуются заболоченные участки, а ниже – сначала углубляющиеся промоины, а затем вниз по течению заиленные участки, вызывающие расширение русла и заболоченность участков. Меандрирование этой реки приводит к интенсивному разрушению берегов. В районах коллективных садов часть сломанных заборов уже находится в русле реки.

### 1.2. Географическое положение и гидрографические характеристики р. М

Река М является правым притоком Камы. Длина реки – 76 км, площадь её водосборного бассейна – 328 км<sup>2</sup>. Протекает по территории Добрянского и Краснокамского районов Пермского края, и г. Пермь. Впадает в Каму в 690 км от её устья. Основная часть бассейна реки расположена за территорией города, и только нижнее течение реки (порядка 6 км) находится в зоне городской застройки. Расположенные здесь промышленные предприятия, автомобильные и железные дороги не оказывают существенного негативного влияния на состояние реки. На реке встречаются участки с естественными условиями стока.

Река сильно меандрирует, в ее пойме имеется множество стариц и их заболоченных остатков. На высоких склонах реки видны эрозионные борозды и овраги.

Таблица 3

Некоторые параметры реки и элементы гидрологического режима реки

Река	Местоположение створа	Ширина реки, м	Максимальная глубина, м	Площадь сечения реки, м <sup>2</sup>	Максимальная поверхностная скорость течения, м/с	Расход воды, м <sup>3</sup> /с
N	Юж.Дамба	5,0	0,71	3,40	0,55	0,460
	Сев.Дамба	3,3	0,84	1,96	0,85	0,520

Таблица 4

Гидрологические характеристики р. Гайва по данным института «Пермгипроводхоз»

Модуль годового стока, л/с с 1 км <sup>2</sup>	Максимальный расход весеннего половодья (1% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с	Максимальный расход дождевых паводков (1% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с	Минимальные расходы воды в год (95% обеспеченности), м <sup>3</sup> /с
7,7	115	80,7	Летняя межень – 0,283 Зимняя межень – 0,152

## 2. Характеристика химического состава малых рек г. Перми

*Приводится описание факторов, формирующих химический состав речных вод. Их делят на две группы: естественные и антропогенные*

### 2.1. Естественные факторы, формирующие химический состав речных вод

В реальных условиях факторы не изолированы друг от друга, а взаимосвязаны и взаимодействуют. Любая природная вода формируется под одновременным воздействием целого ряда факторов. Однако, в зависимости от характера природных условий, одни факторы играют ведущую роль, а другие – второстепенную, а третьи не оказывают практически никакого влияния на состав воды. Поэтому среди факторов рационально различать прямые и косвенные. Прямыми называются такие, которые непосредственно влияют на состав воды, к косвенным относятся те факторы, которые действуют опосредованно, т.е. через прямые, они определяют условия, в которых происходит взаимодействие земного вещества с водой.

По важности воздействия на состав воды факторы формирования делят на главные (ведущие) и второстепенные (подчиненные), по времени и масштабам воздействия: постоянные и временные, региональные и локальные.

Все природные факторы формирования состава вод взаимосвязаны и соподчинены. Поэтому изменение влияния одного из них вызывает целую цепь причинно-следственных изменений.

Какие бы водные объекты мы не изучали (малые и большие, поверхностные и подземные, естественные и искусственные), они всегда отражают весь комплекс природных условий в их бассейнах. Взаимодействие в бассейне различных факторов: геолого-морфологических (геологическое строение, рельеф, полезные ископаемые), гидролого-климатических (климат, воды), почвенно-биогеографических (почвы, растительность, животный мир) обуславливает специфику каждого водного объекта. Именно они определяют количество воды в водоеме, сток вод и наносов в водотоках, режим уровней и расходов, температуру и толщину льда, качество воды (минерализация, химический состав, мутность, цвет, запах и др.). Рассмотрим каждый фактор отдельно. (Использовать данные теоретической части).

**Геолого-морфологические факторы: .....**

**Гидролого-климатические факторы: ....**

**Почвенно-биогеографические факторы:...**



## *2.2. Антропогенные факторы, формирующие химический состав речных вод*

К антропогенным факторам, оказывающим непосредственное влияние на химический состав природных вод, относятся сточные воды. Хозяйственно-бытовые, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды могут содержать весь перечень природных и созданных человеком химических элементов и веществ. Поскольку полностью очистить сточные воды не представляется возможным, то все эти вещества оказываются в почве, воде, атмосфере. Сточные воды приводят также к термическому загрязнению природных вод и уменьшению концентрации кислорода, что снижает окислительный потенциал воды.

Город Пермь потребляет огромное количество воды. Основная её масса расходуется на производственные (1 444,21 млн м<sup>3</sup>) и бытовые (118,93 млн м<sup>3</sup>) нужды. Большие объемы использования вод в городе обуславливают и значительный объем водоотведения. Экосистема города возвращает в круговорот отработанную воду весьма низкого качества. Основные источники, влияющие на качество воды в водоёмах, подразделяются на три группы (Состояние...,2017):

- точечные, декларированные сбросы очищенных и недостаточно очищенных сточных вод (по форме официальной статотчетности «2ТП «Водхоз»);
- рассредоточенные источники, обусловленные поверхностным смывом с территории населенных пунктов и промышленных предприятий (ливневые стоки);
- аварийные стоки, возникающие вследствие износа основных фондов предприятий.

В настоящее время наиболее хорошо изучены и контролируются декларированные источники сброса сточных вод.

Несколько крупных предприятий в городе имеют собственные водозаборы и выпуски сточных вод. Практически все эти предприятия располагают очистными сооружениями, однако значительная часть отводимых сточных вод продолжает оставаться ненормативной. Самыми крупными загрязнителями водной среды (по данным на 2017 г.) являются- ООО «Новогор-Прикамье» (более 27 млн м<sup>3</sup>), ООО «Сток» г. Березники; ПАО «Уралкалий» (СКРУ-1). Всего за 2017 г. в бассейны р. Камы и её притоков со сточными водами городских предприятий сброшено 1 554,91млн.м<sup>3</sup> загрязняющих веществ. Эти воды насыщены металлами, нефтепродуктами, сложными органическими соединениями, которые, безусловно, влияют на химический состав городских рек.

### 3. Химический состав вод малых рек г. Перми

Качество вод рек, пересекающих территорию г. Перми, ухудшается от верховья к низовьям. Это связано с тем, что места спуска сточных вод располагаются в средних течениях и верховьях притоков р. Камы или непосредственно в р. Каме (рис. ...).

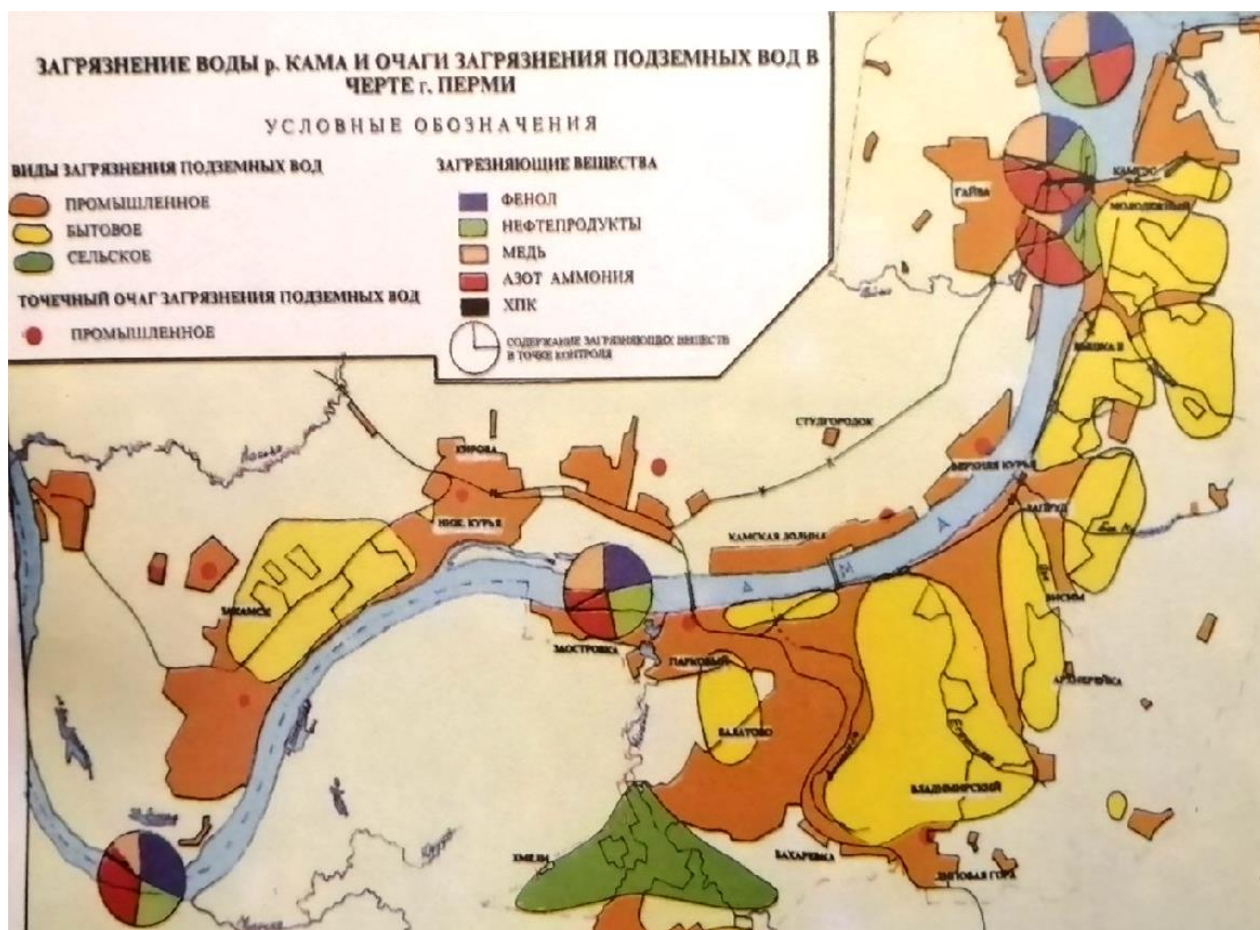


Рис....Загрязнение поверхностных и подземных вод г. Перми.

Из приведенной карты видно, что.....

### *3.1. Химический состав р. N*

Река N начинается небольшим ручейком в лесном массиве около микрорайонов Липовая гора и Владимирский, недалеко от автомобильной дороги на Голый мыс. Принимая ряд небольших притоков, река течет к Каме среди городских кварталов. Ее берега в основном остались не затронутыми городской застройкой, на них расположены многочисленные садовые участки. Река протекает рядом с городским Южным (старым) кладбищем и впадает в р. Каму в районе порта Пермь. На некоторых участках река и ее притоки заключены в коллекторы и железобетонные трубы (пересечения с автодорогами, район спорткомплекса, устье под железнодорожными путями). Река протекает поблизости от многочисленных промышленных предприятий и подвергается загрязнению промышленными и бытовыми отходами. На территории ее бассейна расположены следующие предприятия:

- ОАО «Велта» (в его промзоне находятся верховья притока реки);
- цех № 8 ФГУП «Машиностроительный завод им. Ф. Э. Дзержинского;
- автотранспортное предприятие;
- .....;
- .....

В 2008 г. речная вода относилась к 3-му классу качества воды, но в верхнем и среднем течении вода по содержанию нитритов и аммония являлась сильно загрязнённой. Значительное негативное воздействие на экологическое состояние реки оказывают транспортные магистрали (Бульвар Гагарина, ул. Уральская). В речных осадках техногенная природа характерна для тяжелых металлов (хрома, никеля, молибдена, олова, свинца).

За 2015 г. в воде реки не установлено превышений ПДК по:

- растворенному кислороду;
- сухому остатку;
- хлоридам;
- аммонии;
- нитратам.

За 2015 год на протяжении всей реки выявлено устойчивое загрязнение по следующим показателям:

- БПК5;
- ХПК;
- цинк;
- марганец;

Таблица 5

Сопоставление среднегодовых концентраций загрязняющих компонентов

Загрязняющие компоненты	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Река Егошиха															
		фон								устье							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Растворенный кислород	4								10,1								9,8
ХПК	15	31,5	10,2	21,6	20	44,133	38,383	32,033	14,6	57,6	35	38,7	28,17	46,9	49,15	61,33	22,3
БПК5	2	1,18	1,08	1,3	1,56	1,228	1,838	1,397	3,48	1,55	5,08	3,6	4	3,233	2,98	3,367	4,8
Сухой остаток	1000								460								717
Железо общее	0,1	0,15	0,14	0,06	0,04	0,317	0,13	0,137	0,08	0,58	0,89	0,15	0,06	0,297	0,183	0,177	0,10
Медь	0,001	0,002	0,001	0,01	0,002	0,001	0,001	0,001	0,018	0,007	0,011	0,02	0,003	0,004	0,002	0,001	0,013
Цинк	0,01	0,14	0,04	0,005	<0,005	0,042	0,011	0,005	0,017	0,006	0,022	0,005	<0,005	0,194	0,011	0,005	0,01
Марганец	0,01	0,14	0,07	0,05	0,04	<0,05	0,051	0,054	0,03	0,28	0,27	0,21	0,27	0,119	0,293	0,213	0,18
Хлорид-ион	300								39,2								95,2
Сульфаты	100	86,6	55,2	81	83	68,333	67,333	51	55,8	132	97,9	149	154,5	103,883	106,333	113	105
Азот аммония	0,4	0,6	0,09	0,01	<0,04	0,162	0,087	0,092	0,10	1,38	0,94	0,12	0,75	0,52	0,601	2,44	0,20
Азот нитритов	0,02	0,017	0,01	0,01	0,01	0,008	0,008	0,007	0,005	0,164	0,11	0,09	0,12	0,069	0,096	0,129	0,06
Азот нитратов	9	1,38	0,85	4,7	6,7	1,318	1,15	1,097	2,04	2,7	1,03	10,3	10,35	2,318	2,582	2,56	2,83
Фосфаты	0,2	0,058	0,19	0,17	0,15	0,195	0,211	0,276	0,21	0,27	0,74	0,63	0,46	0,391	0,575	0,512	0,37
СПАВ(а)	0,1	0,04	0,023	0,02	0,03	0,047	0,028	0,014	0,02	0,14	0,078	0,04	0,05	0,204	0,06	0,043	0,04
Нефтепродукты	0,05	0,09	0,03	0,03	0,04	0,083	0,054	0,044	0,05	0,22	0,7	1	0,34	0,705	0,143	0,293	0,22
Количество превышений ПДК		7	3	3	3	5	6	5	5	10	9	10	10	12	11	9	8

- медь;
- фосфаты;
- железо общее;
- нефтепродукты.

Устойчивое загрязнение сульфатами и нитритами наблюдается в устьевом участке рек.

Исходя из рис. 1, заметно преимущественно бытовое загрязнение подземных вод. На водосборе реки имеется точечный очаг промышленного загрязнения подземных вод.

### ***3.2. Химический состав р. М***

***(Дается, подобно химическому составу первой реки)***

### ***3.3. Сравнительная характеристика химического состава изучаемых рек***

Река N в своем нижнем течении (в зоне города) и река М имеют нарушенный гидрогеохимический режим. Один из факторов его формирования, подземные воды, имеют преимущественно гидрокарбонатный состав, на их фоне распространены сульфатные, реже – хлоридные воды.

Для оценки качества воды в реках и водоёмах их разделяют по загрязнённости на несколько классов. Классы основаны на значениях удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ), который зависит от количества критических показателей загрязнённости (КПЗ).

Значение УКИЗВ определяется по частоте и кратности превышения ПДК по нескольким показателям и может варьировать в водах различной степени загрязнённости от 1 до 16 (для чистой воды 0). Большому значению индекса соответствует худшее качество воды.

Протекая через индустриально развитые районы города, вблизи впадения в р. Каму на территории ж/д станции Пермь I, вода ухудшается до 4 класса разряда Б – грязная. Причем ближе к устью увеличиваются количественные показатели содержания большинства загрязняющих веществ. Из таблицы 19 хорошо видно, что из года в год класс загрязнения вод рек практически не меняется и колеблется на небольшие градации (например, нет изменения от 1-го класса к 5-му).

Характеристика качества реки N по значениям УКИЗВ и классу качества воды  
в 2008-2015 гг. (добавить значения второй реки)

Наименование створа	2008 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	4,24	4 "А" (грязная)
Устье	5,87	4 "Б"(грязная)
	2009 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	2,49	3 "А" (загрязненная)
Устье	6,28	5 (экстремально грязная)
	2010 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	2,32	3 "А" (загрязненная)
Устье	6,24	5 (экстремально грязная)
	2011 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	2,22	3 "А" (загрязненная)
Устье	5,26	4 "В"(очень грязная)
	2012 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	4,04	4 "А" (грязная)
Устье	6,77	4 "В"(очень грязная)
	2013 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	3,46	3 "Б" (очень загрязненная)
Устье	6,04	4 "Б"(грязная)
	2014 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	2,51	3 "А" (загрязненная)
Устье	5,06	4 "В"(очень грязная)
	2015 год	
	УКИЗВ	класс качества
Фон	3,61	4 "А" (грязная)
Устье	5,21	4 "Б"(грязная)

Вода р. N в фоновой точке характеризуется как 4 класс разряда А – грязная.

Кислородный режим в реке неблагоприятный. ХПК составляет в среднем 50 мг О<sub>2</sub>/л, БПК<sub>5</sub>–6,5 мг О<sub>2</sub>/л, что превышает норму для санитарно-бытовых водоёмов в 1,6 и 1,3 раза соответственно. Содержание взвешенных веществ в реке равняется 60-150 мг/л, прозрачность воды – 4-11 см, содержание аммонийного азота-7-8 ПДК, содержание меди, железа, нефтепродуктов равняется величине ПДК. Лишь самая верхняя часть реки характеризуется химическим составом вод, свойственным для естественного (природного) состояния водотоков данной местности.

Химический состав реки (добавить значения для второй реки,  
лучше в долях ПДК)

№	Содержание хим. элементов, мг/л										CO <sub>2</sub>	M, мг/л	pH	Окисл., м г/л	Гидро- хим. тип
	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Na+K	Ca	Mg	NH <sub>4</sub>	Fe					
1	244	217	680	7,9	1,2	401	154	31	2,2	0,2	13,2	1741	7,2	8,32	Cl-Ca-Na
2	268	224	63,8	23,4	1,2	61,1	132	19	7,2	0,4	22	802	7,2	5,44	HCO <sub>3</sub> -Cl- Ca-Na
3	292	86,4	99,3	13,4	0,2	66,8	116	13	0,1	0,1	-	694	8	3,2	Cl-SO <sub>4</sub> -Na- Ca
4	317	249	170	-	-	1125	160	13	6	0,1	22	3574	7,3	4,8	Cl-Na

Гидрохимическая фация изменяется по длине реки от Cl-Ca-Na до Cl-Na. Вода р. М в фоновой точке характеризуется как 4 класс разряда Б – грязная. Протекая через индустриально развитые районы города, вблизи впадения в р. Каму класс качества воды не изменяется, но увеличиваются количественные показатели содержания большинства загрязняющих веществ, таких как Fe (до 0,6 при норме 0,1 мг/л), Cl (850 при норме 250 мг/л).

Из таблицы 6 хорошо видно, что из года в год класс загрязнения вод рек практически не меняется и колеблется от 4-го класса разряда А до 4-го класса разряда Б.

Кислородный режим в обеих реках неблагоприятный. ХПК составляет в среднем 50 мг O<sub>2</sub>/л, БПК<sub>5</sub>-6,5 мг O<sub>2</sub>/л, что превышает норму для санитарно-бытовых водоёмов в 1,6 и 1,3 раза соответственно. Содержание взвешенных веществ в реках изменяется от 60 до 150 мг/л, прозрачность воды – 4-11 см, содержание аммонийного азота-7-8 ПДК, содержание меди, железа, нефтепродуктов не превышает ПДК. Лишь верховья рек характеризуются химическим составом вод, свойственным для естественного (природного) состояния водотоков данной местности. Гидрохимические фации одинаковы.

Таким образом, *можно предположить, что условия формирования химического состава рек одинаковы. На реках происходит постоянное загрязнение как от хозяйственно-бытовых вод жилых районов, так и от сточных вод предприятий; иногда происходит уменьшение загрязнения под влиянием разбавления дождевыми и снеговыми водами.*

Критическими показателями загрязненности воды являются медь, марганец, нефтепродукты, нитриты и растворенный кислород. Загрязнение металлами наблюдается от промышленного загрязнения заводов и предприятий железнодорожного транспорта, расположенных в бассейнах рек. Содержание нитритов указывает на то, что загрязнение относительно недавнее.

## **ПРОВЕРОЧНЫЕ ВОПРОСЫ К КУРСУ «ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

1. Предмет и задачи курса.
2. Закон об охране окружающей природной среды.
3. Закон об охране атмосферного воздуха.
4. Организации и учреждения, занимающиеся проблемами водных ресурсов в Пермской области.
5. Понятие "окружающая среда".
6. Место охраны окружающей среды среди других наук и связь с ними.
7. Охрана окружающей среды – форма взаимодействия общества и природы.
8. Формы международного сотрудничества.
9. Загрязнение окружающей природной среды.
10. Причины загрязнения, истощения и разрушения природной среды.
11. Охрана окружающей среды и рынок.
12. Глобальные экологические проблемы гидрологии и океанологии.
13. Понятие о гидросфере и ее роль в функционировании всей системы геосфер.
14. Общие сведения о свойствах и запасах воды.
15. Экологические последствия природных процессов в Мировом океане.
16. Источники загрязнения поверхностных вод (природные и антропогенные).
17. Типы загрязнений (сточные воды и другие нечистоты, поглощающие кислород; носители инфекций; вещества, представляющие питательную ценность для растений; органические кислоты и соли; твердый сток; радиоактивные вещества).
18. Понятие "качество воды".
19. Виды загрязнений (химическое, биологическое, органическое, физическое, радиоактивное).
20. Экологические последствия антропогенного загрязнения вод морей и океанов.
21. Источники загрязнения: экономические зоны, речной сток, разработка нефтяных месторождений, аварии, связанные с перевозкой нефти. Дампинг.
22. Экологические последствия антропогенного влияния на гидросферу суши.
23. Антропогенные нагрузки, их виды.
24. Истощение запасов и понижение уровня воды в поверхностных водоемах; изменение качества воды в связи с загрязнением промышленными и сельскохозяйственными стоками, нефтепродуктами, тяжелыми металлами.



25. Термическое загрязнение. Радиационное загрязнение водоемов. Изменение режимов рек, форм проявления и масштабов эрозийно–аккумулятивной деятельности.

26. Понятие о расчете предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты. Расчетные условия определения ПДС.

27. Регламенты определения характеристик рек и хозяйственных факторов для стандартизации выбора расчетных условий.

28. Плата за ресурсы.

29. Расчет ущерба.

30. Прогноз загрязнения гидросферы. Задачи прогноза.

31. Методы прогнозирования загрязнения водных объектов. Компьютерные модели загрязнения.

32. Государственная сеть мониторинга поверхностных вод.

33. Основные задачи федеральной системы мониторинга загрязнения поверхностных вод (ПСГМЗВ).

34. Организация наблюдений за уровнем загрязнения поверхностных вод.

35. Фоновое загрязнение.

36. Система мониторинга Пермской области.

37. Водный кодекс.

38. Программы «Питьевая вода Пермской области» и «Охрана природной среды Пермской области».

39. Существующие концепции развития общества. Анализ существующих стратегий (ноосферы, основа – идея В.И. Вернадского; новая модель цивилизации – в ее основе лежат критерии Н.Н. Моисеева, В.Г. Горшкова; необходимость экологической революции, рационального природопользования и экоразвития).

40. Устойчивое развитие.

## ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Указания:** при подготовке к семинарским занятиям по курсу «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды» выполняются следующие условия:

1. Семинарские занятия проводятся в виде собеседований по темам, установленным согласно Программе.

2. Занятиям предшествует подготовительная самостоятельная работа в библиотеке географического факультета ПГУ под контролем преподавателя.

3. Подготовка к семинару состоит из:

- изучения литературных источников по библиографическому списку согласно Программе;

- повторения основ дисциплин, изученных студентами и имеющих отношение к вопросу семинарского занятия (гидрохимия, комплексное исследование водохранилищ; ландшафтоведение, гидродинамика, гидравлика и др.);

- поиск и подробный анализ 2-3 публикаций (монографии, статьи) за последние 5 – 10 лет, отвечающих теме семинара.

4. В процессе проведения семинара студенты должны:

- ответить на вопросы согласно теме занятия;
- проанализировать изученные публикации:
- определить место решаемой задачи в составе более общей проблемы,
- оценить адекватность применённых методов и информационную базу,
- оценить полученные результаты – их теоретическое и практическое значение.

По результатам выполненного анализа даётся оценка работы по теме по пятибалльной шкале, которая учитывается при допуске к экзамену.

### ***Тема 1: Экологические последствия природных процессов в океане***

Вопросы к теме:

1. Существуют ли природные процессы, способные привести к негативным экологическим последствиям в океане?

2. Какие процессы влияют на экологическое состояние берегов морей и океанов?

3. Как изменение уровня сказывается на экологическом состоянии океанов и прилегающих территорий?

## ***Тема 2. Химический состав водных объектов г. Перми и влияние на его формирование деятельности человека***

Вопросы к теме:

1. Какие природные факторы влияют на формирование химического состава водных объектов г. Перми? Каков их природный состав?
2. Какова роль техногенных факторов в формировании химического состава водных объектов г. Перми?
3. Как изменился современный химический состав водных объектов г. Перми в сравнении с естественным? Дать их сравнительную характеристику.

## ***Тема 3. Роль водной составляющей в формировании экологической ситуации Пермской области***

Вопросы к теме:

1. Какие способы оценки экологической ситуации территории существуют? Какой из них вы считаете наиболее приемлемым при характеристике ситуации Пермской области?
2. Выберете основные виды техногенных нагрузок и опишите, используя картографический метод экологическую ситуацию Пермской области.
3. Какова роль водной составляющей в формировании экологической ситуации Пермской области и отдельных административных районов?

## ***Тема 4. Загрязнение поверхностных вод суши (семинар): глобальные, региональные и локальные проблемы загрязнения***

Вопросы к теме:

1. Какие виды загрязнений существуют?
2. Каковы основные причины глобального загрязнения вод суши?
3. Приведите пример и дайте характеристику локальных проблем загрязнения с объяснением причин.

## ***Тема 5. Загрязнение поверхностных вод суши (практическое занятие) Нормирование качества поверхностных вод***

Вопросы к теме:

1. Что такое нормирование?
2. Какие методы нормирования используются в нашей стране?
3. Какие химические ингредиенты используют при расчете ИЗВ и УИЗВ?

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (ОСНОВНОЙ)**

1. Двинских С.А. Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды: гидрологические аспекты : учеб. пособие Пермь, 2012. 212 с.: ил.
2. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г., Николаев А.А. Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Казань, 2004.
3. Нестеренко Ю.М. Водная компонента аридных зон. Экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург, 2006.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ)**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. М.: ЮНИТИ. 1998. 455с.
2. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.
3. Болгов М.В., Мишон В.М., Сенцова Н.И. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения. М.: Наука, 2005.
4. Владимирова А.М., Ляхин Ю.И. и др. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
5. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. ХХУШ.
6. Догановский А.М., Малинин В.Н. Гидросфера земли. СПб.: Гидрометеоиздат, 2004.
7. Ерофеев Б.В. Экологическое право. М.: Изд-во Новый юрист, 1998.
8. Комплексные исследования проблем устойчивого развития / под ред. В.А. Коптюга и др. М.;-Иркутск, 2000.
9. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990.
10. Программа действий. Повестка дня на XXI век. Женева: Центр «За наше будущее», 1993.
11. Об охране окружающей природной среды: Фед. закон Рос. Федерации от 19 дек. 1991 г. №2060-1.
12. Семенченко Б.А., Белов П.Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. М.: Изд-во МГУ, 1984.
13. Советкин В.Л., Шахов И.С. Расчет разбавления примесей в реках при сосредоточенных стационарных выпусках сточных вод: Метод. указания. Екатеринбург, 1998.

14. Современные исследования главной геофизической лаборатории. Т. 1. СПб.: Гидрометеиздат, 1999.
15. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
16. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты. М., 2001.
17. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Социально-экологический союз, 2000.
18. Гусева Т.В. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. М., 2001, 2007.
19. ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
20. ГОСТ 17.1.1.03.-86. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользователей.
21. ГОСТ 17.1.3.13.-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
22. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.

*Учебное издание*

**Двинских Светлана Александровна**

**Факторы формирования и элементы химического состава  
поверхностных вод**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Л. Л. Савенкова*

Корректор *Л. А. Соболева*

Компьютерная вёрстка: *Е. А. Шкураток*

---

Объем данных 1,42 Мб

Подписано к использованию 13.11.2020

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15